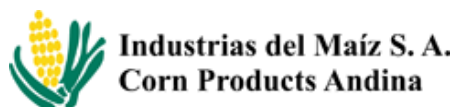


**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES
(SUST – PROT) EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL
SUELO Y SU RELACION CON LA PRODUCCION DE MAIZ (Zea mays).”**

MILTON CESAR ARARAT OROZCO



**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES
(SUST – PROT) EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL
SUELO Y SU RELACION CON LA PRODUCCION DE MAIZ (Zea mays).”**

MILTON CESAR ARARAT OROZCO

Trabajo de tesis presentado como requisito parcial para optar el titulo de
Magíster en Ciencia Agrarias, área de énfasis en SUELOS

Director DE LA TESIS
JUAN CARLOS MENJIVAR I.A., Ph. D.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
ESCUELA DE POSGRADOS
MAESTRIA EN CIENCIAS AGRARIAS CON ENFASIS EN SUELOS
PALMIRA
2006**

DEDICATORIA:

A DIOS nuestro Padre Celestial que siempre esta iluminando nuestro camino

A mi Madre Gabriela por enseñarme el significado de la palabra Amor

A mi Padre Enrique por su constante e incondicional enseñanza de la Vida

A mis Hermanos Carlos Enrique y Luís Gabriel quienes no me desamparan

A mis Familiares y Amigos que han buscado en mí la Honestidad

AGRADECIMIENTOS A

Dr. Juan Carlos Menjivar (Coordinador del Posgrado de Suelos)

Dr. Álvaro Figueroa y la Dra. Gladis Álvarez (Industrias del Maíz S.A.)

Dra. Carmen Rosa Bonilla

Dr. Carlos escobar Chalarca

Dr. Harold Tafur

A mis compañeros Juan Carlos Montoya, Cléver Becerra, Lyda Zarate, Margarita Vallejo, Henry Velásquez, Ivan Paz, Nelson Piraneque, Sonia Agurre, Leticia Lotero, Arturo Gómez, Andrés Aristizabal, Diana Correa, Cesar Posada, Carlos Penagos, Jaime García, Magda Narváez, Hernando (costeño), Sandro Ipaz, Edwin Restrepo, Javier Restrepo, Roman Stechauner.

A Miguel Beltran, Marzory Andrade, Martik, Cony, Pablo Gallo, Luis H. Lotero, Mis amigos Hader Tovar, Andrés López, Fanor Barney, Carlos Cadavid, Alexandra Pino, Elizabeth Rojas, Diego Bustamante

Y a todos aquellos que de una u otra manera colaboraron a la realización de este trabajo.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de residuos Agroindustriales (SUST – PROT) en algunas propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la producción de Maíz (zea mays) híbrido 30k75 en suelos de los municipios de Jamundi y Palmira (Valle del Cauca).

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Evaluar los cambios que puedan sufrir propiedades químicas, como los elementos mayores y menores, la relación C/N, capacidad de intercambio catiónico, pH, bases intercambiables, y contenidos de Materia Orgánica luego de la aplicación del SUST PROT

Determinar los cambios en las propiedades físicas como la densidad aparente, conductividad hidráulica y la estabilidad a agregados, después de la aplicación del subproducto.

Evaluar el efecto de aplicación sobre el rendimiento del cultivo.

2. INTRODUCCIÓN

El cultivo del Maíz (*Zea mays*) se reconoce como una alternativa competente frente a otros cultivos industriales ya que es utilizado como fuente de proteínas en la alimentación humana y animal, y es materia prima básica del sector Agroindustrial.

No obstante el promedio del costo de producción de una hectárea de maíz amarillo tecnificado se encuentra alrededor de \$1.505.466 y, con rendimientos promedio de 3,6 toneladas por hectárea, el costo por tonelada asciende a \$488.608 de los cuales el costo unitario de producción de insumos corresponde al 30% y de este porcentaje, la fertilización equivale al 45 – 47% aproximadamente (Quintero et al, 2004)

Este cereal ha merecido un gran número de estudios agronómicos en el campo de la fertilización en el Departamento del Valle del Cauca, sin embargo, a pesar de la existencia de tecnologías para producir altos rendimientos por unidad de área, se requieren adicionalmente estudios, cuya aplicabilidad permitan asociar la efectividad de abonos, enmiendas sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y obviamente sobre rendimiento y rentabilidad.

En ese sentido se requiere conocimientos y resultados de los procesos de transformación de materiales de carácter orgánico-mineral en el suelo, los cuales deberán tenerse en cuenta en posteriores labores del cultivo

Es necesario buscar y encontrar fuentes orgánico-minerales que no solamente contribuyan al incremento de los rendimientos y las producciones agrícolas, sino también al mejoramiento de las propiedades de los suelos; no obstante, la

aplicación de estos productos puede tener un efecto ya sea negativo (como contaminante) o positivo (fertilizante), que involucra un impacto *ambiental* en el sistema.

Para los propósitos de conservación de las propiedades físicas, químicas y biológicas existen diversas alternativas, entre ellas el uso de materiales o residuos Agroindustriales con buenas características, los cuales se pueden adaptar a cada predio según su entorno; dichos materiales aplicados en forma directa o en mezcla con fertilizantes de síntesis, logran buenos resultados en la producción y mejoramiento de las propiedades del recurso suelo.

Es muy importante que las estrategias de fertilización se definan a nivel de sitios en particular al igual que se hace, por ejemplo, con la elección de los híbridos utilizados, o el manejo de herbicidas y la disponibilidad de agua para el riego. Cada lote posee características intrínsecas provenientes de la interacción compleja del tipo de suelo, antecedentes (historia agrícola, cultivos antecesores, manejo de labores, etc.) y el efecto del clima local. Asimismo, la unidad de producción no debería ser el cultivo sino la rotación en su conjunto. Dentro de este esquema, el rendimiento esperado es el factor determinante de todo el programa de fertilización (e-campo.com; manejo de la fertilización de Maíz)

Las grandes cantidades de residuos agroindustriales, en este caso el SUST PROT puede tener una gran valorización agronómica y debe ser el objetivo prioritario, siempre y cuando se realicen los tratamientos necesarios para garantizar la calidad del producto y se programen los planes de aplicación a suelos agrícolas, contribuyendo a la disminución de los costos de producción.

En los sistemas agrícolas el ciclo de la materia orgánica se ve fuertemente alterado por las exportaciones realizadas por la biomasa de la cosecha, por lo que es necesario restituir al suelo los nutrientes minerales mediante técnicas de fertilización orgánica y/o mineral. Con el fin de minimizar la pérdida de fertilidad

del suelo, la biomasa vegetal restante (residuos) debe ser devuelta directa o indirectamente al suelo, mediante la aplicación de aquellos tratamientos que faciliten su integración a la dinámica edáfica. (www.infoagro.com)

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 IMPORTANCIA DE LOS RESIDUOS ORGANICOS

Los procesos de transformación y evolución de la materia orgánica aportada al suelo se estimulan por muchos factores entre los que cabe destacar, en el contexto que se analiza, los siguientes:

- Accesibilidad de los microorganismos a los residuos. La materia orgánica incorporada debe ser acondicionada físicamente para aumentar la superficie de contacto y favorecer la actuación de los microorganismos. Para ello los materiales deben ser picados, triturados y/o desfibrados mediante la realización de tratamientos mecánicos. El tipo e intensidad del tratamiento físico dependerá de la estructura, forma y tamaño del residuo.
- Aireación suficiente para permitir que el metabolismo edáfico se realice en condiciones aerobias, requisito indispensable para las reacciones de oxidación que caracterizan la mineralización y la humificación.
- pH cercano a la neutralidad y suficiente disponibilidad de calcio, para favorecer la actividad microbiana y determinar la naturaleza de los compuestos húmicos formados.
- Temperatura en el rango de 15 a 30 °C, que promueva una aceptable velocidad en los procesos de transformación y evolución de la materia orgánica.
- Humedad del suelo cercana a 2/3 de la capacidad de campo, evitando la sequía pero también las condiciones de anegamiento.

Presencia de azúcares solubles en el residuo y suficiente disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

(INFOAGRO.COM, Gestión y tratamiento de residuos agrícolas).

3.2 RESIDUOS DE LAS INDUSTRIAS DE TRANSFORMACIÓN AGRÍCOLA

Existen una gran cantidad de industrias de transformación agrícola que generan residuos derivados del proceso productivo, procedentes del producto inicial de transformación y que, en bastantes casos, incluye productos utilizados en la transformación. A continuación se relacionan algunos de estos residuos indicando su posible uso:

3.2.1 Residuos de Arroceras

El residuo básico de esta industria es la cascarilla de arroz, que puede ser utilizada como combustible o como sustrato de cultivo, sola o mezclada con otros sustratos. (INFOAGRO.COM, Gestión y tratamiento de residuos agrícolas).

3.2.2 Residuos de Cerveceras

Los lodos procedentes de las industrias cerveceras son depositados en vertedero en su mayor parte, aunque en algunos casos se utilizan como abono orgánico y en la alimentación animal. Los residuos de lúpulo y malta pueden ser también compostados con otros materiales orgánicos para ser utilizados en la formulación de sustratos. (INFOAGRO.COM, Gestión y tratamiento de residuos agrícolas).

3.2.3 Residuos de Frutos secos

Los restos de cáscaras rotas, trituradas o tostadas se utilizan principalmente como combustible. Estos materiales, previa reducción de su tamaño si este es excesivo, pueden ser compostados con otros materiales orgánicos con mayor contenido en nitrógeno y más degradables. El compost obtenido puede utilizarse como abono, enmienda orgánica o en la formulación de sustratos. (INFOAGRO.COM, Gestión y tratamiento de residuos agrícolas).

3.2.4 Residuos de Harineras

Los residuos generados en estas industrias son el salvado y polvo y paja de trigo y en menor proporción grano. Estos productos se destinan principalmente a la alimentación animal y lecho de ganadería. En algunos casos pueden volver al suelo como componente de abonos orgánicos.

(INFOAGRO.COM, Gestión y tratamiento de residuos agrícolas).

3.2.5 Residuos de la Industria del café

Los tostaderos de café generan cascarilla que generalmente se incinera como combustible en la propia planta. Una pequeña parte se lleva a vertedero o se incorpora al suelo de forma directa o tras un proceso de compostaje.

(INFOAGRO.COM, Gestión y tratamiento de residuos agrícolas).

3.2. 6 Residuos de la Industria Oleícola

Del proceso de extracción del aceite de soja y de girasol se obtiene un residuo consistente en restos de semillas y harinas. Estos productos se usan como abono en agricultura y en la alimentación animal o bien son depositados en vertedero.

(INFOAGRO.COM, Gestión y tratamiento de residuos agrícolas).

3.2.7 Residuos de la Industria Textil

Los residuos textiles principales son los procedentes del cultivo del algodón. Este subproducto consiste en fibras cortas, semillas y restos de hoja. El residuo del lino genera el polvo de telar que se obtiene del tallo en el proceso de fabricación de las fibras. La mayor parte de estos residuos se destinan a vertedero o son quemados en la propia industria para la obtención de energía. Si se someten a un proceso de compostaje, estos materiales pueden ser utilizados en la formulación de sustratos de cultivo.

(INFOAGRO.COM, Gestión y tratamiento de residuos agrícolas).

3.2.8 Residuos de la Industria de Transformación de hortalizas

Las industrias de conservas, congelación y cuarta gama de hortalizas generan un conjunto de residuos de alta degradación y ricos en nutrientes. Estos materiales tras su compostaje pueden ser utilizados en la fabricación de abonos orgánicos, enmiendas orgánicas y para formular sustratos.

(INFOAGRO.COM, Gestión y tratamiento de residuos agrícolas).

3.2.9 Residuos de la Industria de la caña de azúcar-

Uso agronómico de la cachaza; Este residuo es rico en materia orgánica, nitrógeno, calcio y fósforo, por lo que se usa en varios países como fuente de nutrimentos, mejoradora de algunas propiedades físicas del suelo y en la recuperación de suelos afectados por sales. Sus principales limitaciones para usarla con fines agronómicos son el alto contenido de humedad (75-80%) que presenta en estado fresco, lo cual encarece los costos de transporte, y su alta relación Carbono/Nitrógeno, que ocasiona retraso en el crecimiento de los cultivos cuando es incorporada en el momento de la siembra. (ceniavp.gov.ve).

Tabla 1. Composición química de la cachaza de la azucarera Río Turbio al estado fresco, determinados en el extracto saturado y por otros métodos.

	pH a la pasta	Textura	CE	RAS	meq/l								p* ppm	Mat. Org.	%
			es dS/m		Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	CL	SO ₄			
CACHAZA FRESCA	7,15	F	12,7	0,2	105	29	1,8	8,74	39	0	13	97	294	6,5	75
* Determinación por el método de Oslén.															

Fuente: Luis Zérega, 1993

Otro subproducto es vinaza cuya composición varía de acuerdo con el material usado para la elaboración del alcohol, cuando éste se elabora a partir de la melaza se genera vinaza de mayores contenidos de materia orgánica y de elementos mayores y menores que cuando procede de jugo o de la mezcla de jugo y melaza (Filho, 1983).

En el Valle del Cauca las vinazas producidas en las destilerías presentan contenidos de sólidos totales de 10 y 55%, en ambas sobresalen los contenidos de materia orgánica, potasio, sulfatos y óxidos de calcio y de Magnesio (Quintero, 2003).

Tabla 2. Características de las vinazas de 55% y de 10% de sólidos totales.

Fuente: Quintero, 2003

Parámetro	Vinaza Sólidos totales	
	55%	10%
N (Kg/m ³)	4,30	0,63 - 1,14
P ₂ O ₅ (Kg/m ³)	0,50	0,07 - 0,25
K ₂ O (Kg/m ³)	41,00	6,00 -10,86
CaO (Kg/m ³)	7,00	1,05 - 3,14
MgO (Kg/m ³)	9,00	1,34 - 2,26
SO ₄ (Kg/m ³)	35,00	3,88
Densidad (Kg/m ³)	1,35	1,03
Materia orgánica (%)	47,77	4,20 - 6,70
pH	4,3-4,5	3,5 - 4,3

3.2.10 Residuos de la Industria del maíz.

La molienda húmeda, también conocida como refinación de maíz (anexo 1), es la fabricación de almidón puro de maíz y varios otros productos derivados exclusivamente del almidón. Los demás componentes de la semilla de maíz, como son el embrión o germen, proteínas y pericarpio, constituyen *subproductos* valiosos (SUSTPROT) usados primordialmente para obtener aceites. La separación de las partes de la semilla en el molino depende en gran parte del uso de agua, además de otros procesos químicos o enzimáticos para convertir el almidón en jarabes y azúcar. Los distintos subproductos provenientes de la molienda húmeda son ampliamente utilizados en la elaboración de dietas balanceadas en la alimentación animal (Castañeda Reyes, 1990).

3.2.11 Importancia de los efectos de los residuos sobre el ambiente.

La contaminación de los suelos está provocada por diversos agentes, ya se trate de elementos traza, constituidos por metales, de metaloides, de micropolucionantes orgánicos, o de productos fitosanitarios, hidrocarburos o productos radiactivos. La presencia de contaminantes en los suelos provoca daños en la vegetación y una concentración de elementos tóxicos en los vegetales que se conoce como bio acumulación, peligrosa para el hombre. Los productos químicos pueden también provocar en los suelos la corrosión de estructuras enterradas. Las regiones mineras, las regiones de agricultura intensiva, los prados y las tierras labradas cercanas a las autopistas, así como los terrenos que reciben efluencias agroindustriales o de residuos orgánicos urbanos figuran entre los espacios más afectados. Las nuevas políticas de los países en vía de desarrollo en materia de suelos y de espacios contaminados se apoya en tres ejes: prevenir, tratar y rehabilitar residuos agroindustriales sobre el medio ambiente. <http://www.diplomatie.gouv.fr/es/francia>

3.3 ABONOS ORGÁNICOS Y SUS RELACIONES CON EL SUELO:

La cantidad de Materia Orgánica del Suelo se incrementa indirectamente con el aporte de abonos minerales, porque aumentan las cosechas y residuos del cultivo, los cuales mantienen un determinado nivel de humus frente a causas que lo destruyen (García, 1982).

El uso de fertilizantes orgánicos representa una serie de ventajas no solo desde el punto de vista físico, químico y biológico, sino que también permite un uso más eficiente de recursos que de otra forma podrían contaminar las aguas. Al mismo tiempo posibilitan un ahorro de recursos naturales minerales sin renovación y de existencia limitada.

Las Ventajas del uso de fertilizantes orgánicos son:

- Aumento de la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- Aumento de la capacidad de regulación química del suelo.
- Aporte de sustancias de crecimiento.
- Aumento del porcentaje de CO_2 en el suelo, capaz de acidificar suelos alcalinos.
- Aumento del porcentaje de CO_2 en la parte aérea de cultivos densos que tengan restringida la circulación de aire, promoviendo por lo tanto, un aumento de la fotosíntesis.
- Aumento en la disponibilidad de micro nutrientes, no solo por ser una fuente; si no principalmente por los cationes micro nutrientes quelatados.
- Reducción de la actividad del aluminio en solución, a través de las fuertes ligaduras del mismo con grupos carboxílicos y fenólicos.
- Fuente de calcio, magnesio y micro nutrientes.
- Aumento de la disponibilidad del fósforo, no solo por su aporte directo, sino - también al reducir su precipitación con aluminio e hierro.
- Mejora en la estructura del suelo, promoviendo una mayor aireación y crecimiento radicar.
- Mayor protección del suelo al encostramiento.
- Aumento de la capacidad de retención de agua.
- Mayor estabilización de la temperatura del suelo.
- Aumento de la actividad microbiana. (Montaño, 2000).

Una característica muy particular de los fertilizantes orgánicos es que los nutrientes, a excepción del potasio, se encuentran predominantemente en forma orgánica y por lo tanto en forma insoluble, en particular en los residuos sólidos. Por el contrario aquellos presentes en los residuos líquidos están presentes en forma soluble; por lo tanto para ser absorbidos por las plantas deben transformarse a la forma inorgánica mediante la descomposición de la materia orgánica o mineralización. Así se produce una lenta liberación de nutrientes para la solución del suelo (Montaño, 2000)

Esto resulta en ventajas adicionales de la fertilización orgánica:

- Menor potencial de salinidad en las semillas, plántulas y microorganismos.
- Menor potencial de pérdidas de nutrientes por lixiviación.

Desde el punto de vista físico se afirma que las sustancias orgánicas actúan como agentes cementantes de los macro y micro agregados, al incrementar la cohesión entre partículas, ser agentes enlazantes, y floculan las arcillas como consecuencia de la presencia de grupos funcionales (como los carboxílicos) y de la formación de puentes con cationes polivalentes (Oades, 1984.)

Es por ello que lo que nos interesa con el aporte de fertilizantes y enmiendas orgánicas, es incrementar los niveles de materia orgánica y en especial de humus, pues es éste el que permitirá incrementar las posiciones de intercambio catiónico, es decir, la capacidad del suelo de retener nutrientes y ponerlos a disposición del cultivo, mejorar la movilidad y disponibilidad del fósforo, así como incrementar la formación de complejos estables con micro elementos aumentando sus reservas asimilables. (<http://www.agrimartin.com/Tecnico.htm>)

3.3.1 INFLUENCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.

El color, siendo más oscuro a medida que aumenta el contenido en materia orgánica, favoreciendo un calentamiento mayor del suelo y un régimen térmico más estable.

El efecto sobre la retención de humedad depende de: 1) el efecto positivo sobre la estructura mejorando el transporte y almacenamiento de agua y 2) la Materia Orgánica incrementa la retención de agua del perfil de suelo, por su carácter altamente hidrofílico, mejorando la infiltración de agua, disminuyéndose las pérdidas por escorrentía y por evaporación directa. Por otra parte, la MO al reducir escorrentía, y favorecer la agregación lleva a menores riesgos de erosión, tanto hídrica como eólica. (Kiehl, 1985).

La acción cementante de los compuestos orgánicos es diferente, ya sea referida a sus cantidades totales, a la composición de los mismos o a los productos resultantes de la humificación. Estos últimos constituyen los principales agentes cementantes y de conservación de la estructura del suelo. (Montenegro, 1991).

La estructura, favoreciendo la estabilidad del suelo mediante la formación de agregados entre el suelo y la materia orgánica. También mejora la porosidad y con ello la circulación del agua, del aire, del calor y el crecimiento de las raíces.

La permeabilidad y la capacidad de retención de agua, siendo favorecidas por una mejor estructura y por la formación de agregados que aumentan la capacidad de retención de agua del suelo. (<http://clmancha.ugt.org/>).

3.3.2 INFLUENCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Sobre el pH, provocando un efecto amortiguador a las variaciones bruscas de éste, con lo que favorece los microorganismos.

Se mejora la capacidad de retención de nutrientes, con lo que hace de almacén y evita pérdidas, así como su mejor disponibilidad para la planta.

El aporte de nutrientes se hace de una forma más continuada. Además de esto, la materia orgánica hace asimilables para la planta determinados nutrientes que están en el suelo y evita la inmovilización de otros, papel en el que es insustituible (<http://clmancha.ugt.org/>).

En suelos ácidos de las regiones tropicales la existencia de aluminio intercambiable (Al^{3+}) constituye uno de los mayores problemas para la producción de la mayoría de especies vegetales. Este efecto adverso se ha visto que puede ser neutralizado por la disminución de Aluminio intercambiable después de la incorporación de abonos orgánicos (Gallinaza y bovinaza).

El carácter químico de la interacción de aluminio y otros compuestos orgánicos no está completamente dilucidado. Algunos investigadores han constatado la

presencia de enlaces electrovalentes o, mientras que otros las clasifican de electrostáticas, aunque es probable que puedan ocurrir varios tipos. También se considera que la complejación es el principal mecanismo involucrado. En este tipo de reacciones, las uniones se efectúan a través de grupos funcionales presentes en los materiales orgánicos (Burbano, 1989).

3.4 PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

3.4.1 - Densidad Aparente:

Al interpretar los valores de densidad aparente con fines agrícolas, debe tenerse especial cuidado en relacionarlos con la taxonomía de los suelos, puesto que puede variar de acuerdo a las características de cada suelo. (Montenegro, 1993).

Amézquita, (1994), afirma que densidades aparentes superiores a 1.5 mg/ m^3 comunes en suelos arcillosos limitan el desarrollo normal de las raíces, restringiendo su posibilidad de expansión, lo cual se traduce en una mayor dificultad para la extracción de agua, nutrientes y obviamente, menor producción.

Su determinación involucra conocer la masa del suelo seco y el volumen total del suelo, es decir, el volumen de las partículas y espacios vacíos entre ellas (macro y micro poros). Esta determinación se realiza por medio de la técnica de cilindros de Kopecky (IGAC, 1990).

3.4.2 - Densidad Real:

Los valores de densidad real de bajos a “normales” (2.3 a 2.5 g / cc) están relacionados con una gran cantidad de materiales orgánicos; esto parece ser el factor que más influye en dichos valores, ya que la gravedad específica de la materia orgánica se encuentra cercana a 1.4 g/ cc , mientras que la densidad de los materiales minerales más comunes del suelo como el cuarzo se presenta en el rango de $2.60 - 2.75 \text{ g/ cc}$. (Montenegro et al, 1990).

El volumen cuantificado es el correspondiente a las partículas del suelo, omitiendo el volumen ocupado por los poros.

3.4.3 - Textura:

Se refiere a las proporciones relativas de los diferentes tamaños de partículas minerales (separados) que resultan de los procesos de meteorización (González, 1985).

3.4.4 - Estabilidad De Agregados:

La estructura esta definida por la determinación del tipo, clase y grado de desarrollo, aspectos que pueden ser observados en el mismo perfil del suelo, especialmente los dos primeros (IGAC, 1990).

La importancia de la agregación de las partículas reside principalmente en la mayoría de la distribución de la porosidad del suelo. Para mejorar el drenaje y la aireación es necesaria la presencia de macroporos que serán formados si hay agregación de las partículas, originando partículas mayores que dejan espacios mayores entre sí. (Madriñan, 1997)

Amézquita et al., (1994), mencionan que la buena agregación y estabilidad estructural, dependen en gran medida de la materia orgánica que posee el mismo, por eso es importante la incorporación de residuos vegetales a la superficie del suelo, para que los microorganismos proporcionen los agentes agregantes producto de su actividad metabólica.

Desde el punto de vista de la estructura del suelo, la agregación está dada por dos fenómenos importantes que son la floculación y la cementación. La Floculación se debe a fenómenos electrocinéticos, es decir, se produce cuando partículas cargadas negativamente se acercan lo suficiente a otras de igual carga de tal manera que puedan ser unidas por un puente de carga contraria; al

perder estabilidad en el sistema, muchos coloides "floculan"; la cementación, por otra parte, consiste en el enlace mutuo de las partículas floculadas, por acción de diferentes materiales o sustancias, denominadas "cementantes"; materiales orgánicos (humus), coloides inorgánicos (Al, Fe), carbonatos, óxidos, etc. www.drcalderonlabs.com/

3.4.5 - Conductividad Hidráulica:

El movimiento del agua se ve afectado por varios factores por lo cual es muy difícil llegar a obtener un valor exacto de esta característica. Los factores que afectan la conductividad hidráulica son: la porosidad, el tamaño, forma y distribución de las partículas y el contenido de humedad del suelo. También puede ser afectada por las características del agua, por la temperatura, la densidad del líquido entre otras. (Montenegro, 2003).

De acuerdo con Madriñan, (1997) la conductividad hidráulica es una importante propiedad relacionada con el comportamiento del sistema suelo-agua-planta-atmósfera. Es la habilidad del suelo para transmitir agua. Esta propiedad es de mucha importancia en estudio de flujo de agua para las raíces de las plantas, drenaje, etc. Suministra información directa de la estructura y la estabilidad de agregados.

3.5 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

3.5.1 - Reacción Del Suelo pH:

Según Salamanca S., (1999) el pH del suelo puede influir en la absorción nutritiva y el crecimiento de las plantas. La asimilación de varios nutrientes esenciales está afectada por esta propiedad, así como la solubilidad de elementos tóxicos para el crecimiento de la plantas.

3.5.2 - Materia Orgánica:

La materia orgánica influye sobre las diversas propiedades del suelo, además posee propiedades físicas y químicas que facilitan la agregación, modifica la

estructura física del suelo, e influye en los regímenes de agua; es una fuente de energía para la biota del suelo, por lo que influye en varios procesos que son movidos biológicamente. (Burbano, 1994)

La acción cementante de los compuestos orgánicos es diferente, ya sea referida a sus cantidades totales, a la composición de los mismos o a los productos resultantes de la humificación. Estos últimos constituyen los principales agentes cementantes y de conservación de la estructura del suelo. (Montenegro, 1990)

3.5.3 Fósforo:

El fósforo en el suelo está conformado por las fracciones orgánica e inorgánica, las cuales pueden contribuir en diferentes proporciones a la nutrición de las plantas. La disponibilidad del fósforo aumenta cuando el pH oscila entre 5.0 y 5.5. Cuando es menor de 5.5 se forman fosfatos insolubles que impiden la disponibilidad del fósforo nativo o fósforo aplicado en los fertilizantes (Salamanca R., 1999).

3.5.4 - Potasio:

El potasio en el suelo se encuentra en diferentes formas; en la solución del suelo representa menos del 1% del K^+ total del mismo, el que se encuentra adsorbido en las arcillas que es el K intercambiable se encuentra en diferente proporción de acuerdo al tipo de suelo. Su contenido tiene una relación directa con otros elementos como el Ca y el Mg. En suelos arenosos en cantidad menor de 10 mg / 100 g de suelo y en suelos arcillosos hasta 50 mg /100 g de suelo. Su cantidad depende del pH o mejor dicho de la saturación de bases CIC .

3.5.5 - CIC y Bases Intercambiables:

Las partículas finas del suelo (las arcillas y el humus, y en menor proporción los óxidos hidratados de Fe, Mn y Al) tienen carácter coloidal, por lo que representan una gran actividad en superficie, debida principalmente al hecho de poseer cargas eléctricas con la que pueden retener reversiblemente iones,

intercambiándolos con los existentes en la solución del suelo (agua del Suelo) en un equilibrio dinámico. Este fenómeno es de gran importancia agronómica, pues permite que en el suelo existan una gran cantidad de iones esenciales para la nutrición vegetal, que de no estar ligados a las partículas coloidales se perderían por lavado. (Salinas et al, 1985)

La capacidad de intercambio cationico está asociada directamente con la textura, el tipo de arcilla y el contenido de materia orgánica en el suelo. Es deseable una alta CIC en los suelos, porque indica una gran capacidad potencial de suministro y reserva de Ca, Mg y K. (Salamanca R., 1999).

La capacidad de Intercambio Cationico varía entre los horizontes del suelo en función al contenido de materia orgánica. Una alta CIC indica una gran capacidad potencial de suministro y reserva de cationes. Esta propiedad tiene importancia en la nutrición de las plantas y el manejo de los suelos. (Fassbender 1982).

El Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} y K^{+} se encuentran en los suelos formando parte de las estructuras cristalinas y de la materia orgánica, también como cationes adsorbidos o intercambiables y como cationes en la solución del suelo (Gonzáles, 1985).

3.5.6 - Elementos Menores:

Son esenciales para el crecimiento vegetal, pero que las plantas consumen en muy pequeñas cantidades (del orden de algunos gramos o cientos de gramos por hectárea). Esto es debido a que solo forman parte constitutiva de las enzimas o activadores de ellas. No obstante, la deficiencia de cualquier micro elemento puede provocar problemas en el crecimiento de la planta y desarrollo de las raíces, repercutiendo en la producción, tanto en calidad como en cantidad.

Los micro elementos esenciales son:

Boro (B), Zinc (Zn), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo).

El Fe, Mn, Cu y Zn se encuentran presentes en los suelos y sustratos principalmente como óxidos, hidróxidos o como otras sales bastante insolubles a pH altos. La carencia en los tejidos vegetales puede producirse por la falta del micro elemento en cantidad suficiente en el suelo, por lo que la planta no puede tomarlo en la cantidad precisa o por no encontrarse en el suelo en estado asimilable, es decir, disponible para el cultivo, por estar “bloqueado” en algún componente del suelo o por la presencia de otros elementos. En este caso, la carencia es “inducida”, como es el caso de la clorosis férrica que es inducida por la presencia de bicarbonato o el bloqueo que sufre el B por el Ca.

Tabla 3. Niveles generales de elementos menores para la interpretación de análisis de suelos en unidades de partes por millón.

Elemento	Bajo	Medio	Alto
Cobre (ppm)	Menor de 1.0	1.1 – 3.0	Mayor de 3.0
Zinc (ppm)	Menor de 2	2 - 4	Mayor de 4
Manganeseo (ppm)	Menor de 5	5 - 10	Mayor de 10
Hierro (ppm)	Menor de 10	10 - 20	Mayor de 20
Boro (ppm)	Menor de 0.20	0.20 – 0.60	Mayor de 0.60

Fuente:

http://www.fertiberia.com/servicios_on_line/cursos/micronutrientes/indexmicro.html

3.6 ANÁLISIS FOLIAR

El éxito de la producción de maíz está en función de la presencia oportuna, y en forma adecuada, de los factores medio ambientales que condicionan el rendimiento. Es necesario destacar que la incidencia de ellos, en el rendimiento, varía de acuerdo a su importancia. La nutrición óptima del maíz es un factor interno de la planta de primer orden, y depende de la disponibilidad de los

nutrientes en el suelo así como de la habilidad de la planta para absorberlos y utilizarlos. En la mayoría de los casos, esto se logra mediante el uso racional de los fertilizantes (Ramírez, 1981)

El análisis foliar representa un factor cuantitativo de nutrientes en el tejido vegetal; es un complemento del análisis de suelo. Esta información conjunta es una herramienta muy útil en la detección de problemas nutricionales. Los niveles óptimos de nutrientes varían de acuerdo al cultivo (Ej.: maíz, sorgo, etc.) así como también entre estados fenológicos del cultivo (Ej.: plántula, floración, etc.) Además, diferentes partes de la planta (Ej.: tallos, hojas, Flores, etc.).

Cada muestra debe corresponder a una superficie no mayor de 10 Ha. de suelo homogéneo y provenir de plantas de una misma especie, variedad y edad, sometidas a un manejo uniforme. El muestreo para análisis Foliar en el cultivo de maíz se realiza prácticamente antes de floración (50 días).

Tabla 4. Contenido foliar adecuado de macro nutrientes (%) y de micro nutrientes (ppm) en maíz.

N	P	K	Ca	Mg	S
2.75 - 3.25	0.25 – 0.35	1.75 – 2.25	0.25 – 0.40	0.3 – 0.4	0.2 – 0.4
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
40 - 70	10 - 20	200 - 300	100 - 300	0.15 – 0.20	15 - 20

Fuente: Malavolta, 1989.

3.7 CONDICIONES DEL SUELO QUE INFLUYEN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y EL MANEJO DEL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays*)

3.7.1 Acidez

La acidez del suelo depende del material parental del suelo, su edad y forma y los climas actual y pasado. Puede ser modificado por el manejo del suelo.

La acidez del suelo está asociada con varias características del suelo (Rowell, 1994): Bajo nivel de calcio y magnesio intercambiables y bajo porcentaje de

saturación de bases; alta proporción de aluminio intercambiable; una capacidad de intercambio de cationes mas baja que en suelos similares menos ácidos debido a un número reducido de cargas negativas en la superficie de la materia orgánica y a un creciente número de cargas positivas en la superficie de los óxidos; cambios en la disponibilidad de nutrimentos; por ejemplo, la solubilidad del fósforo es reducida; aumento de la solubilidad de los elementos tóxicos, por ejemplo, aluminio y manganeso; menor actividad de muchos microorganismos del suelo llevando, en casos extremos, a una acumulación de la materia orgánica, a una menor mineralización y a una mas baja disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre.

3.7.2 Alcalinidad

Las áreas con suelos alcalinos ocurren predominantemente en regiones áridas y su ocurrencia depende del tipo de material del suelo original, de la vegetación, de la hidrología y del manejo del suelo, especialmente en áreas con sistemas de irrigación mal manejados.

La alcalinidad del suelo ($\text{pH} > 7$) se presenta en suelos donde el material es calcáreo o dolomítico o donde ha habido una acumulación de sodio intercambiable, naturalmente o bajo irrigación. Tales suelos tienen altas concentraciones de iones OH^- asociados con altos contenidos de bicarbonatos y carbonatos; los suelos sódicos tienen una baja estructura y estabilidad a causa del alto contenido de sodio intercambiable y muchos de ellos tienen la capa superior o el subsuelo densos.

Las condiciones alcalinas del suelo causan varios problemas nutricionales a las plantas como la clorosis, en razón de la incapacidad de las plantas de absorber suficiente hierro o manganeso. También pueden ocurrir deficiencias de cobre y zinc y también de fósforo a causa de su baja solubilidad. Si el suelo tiene un alto contenido de CaCO_3 puede ocurrir una deficiencia de potasio porque este puede

ser rápidamente lixiviado. También puede haber deficiencia de nitrógeno debido al generalmente bajo contenido de materia orgánica (Rowell, 1994).

3.7.3 Salinidad

Los suelos salinos tienen altos contenidos de diferentes tipos de sales y pueden tener una alta proporción de sodio intercambiable. Los suelos fuertemente salinos pueden presentar eflorescencias en la superficie o costras de yeso (CaSO_4), sal común (NaCl), carbonato de sodio (Na_2CO_3) y otras.

La salinidad del suelo puede originarse en un material parental salino, por la inundación de aguas marinas, por sales llevadas por el viento o por irrigación con agua salada. Sin embargo, la mayoría de los suelos salinos se originan por ascensión capilar y evaporación de agua que acumula sal con el pasar del tiempo.

Las sales afectan los cultivos a causa de los iones tóxicos, los cuales por un desbalance de los nutrimentos inducen deficiencias y por un aumento de la presión osmótica de la solución del suelo causan una falta de humedad. La estructura y la permeabilidad del suelo pueden ser dañadas por el alto contenido de sodio intercambiable que queda en el suelo cuando las sales son lavadas, salvo que se tomen medidas preventivas o remedios, tales como la aplicación de yeso.

3.7.4 Baja capacidad de intercambio de cationes (CIC)

La CIC del suelo es una medida de la cantidad de las cargas negativas presentes en las superficies minerales y orgánicas del suelo y representa la cantidad de cationes que pueden ser retenidos en esas superficies. Un suelo con alta CIC puede retener una gran cantidad de cationes de los nutrimentos en los lugares de intercambio. Los nutrimentos aplicados al suelo que puedan exceder esa cantidad pueden fácilmente ser lavados por el exceso de lluvia o por el agua de riego. Esto implica que esos suelos con baja CIC necesitan un manejo diferente en lo que hace a la aplicación de fertilizantes, con pequeñas dosis de nutrimentos aplicadas frecuentemente.

3.7.5 Fijación de fósforo

La fijación de fósforo en el suelo es un proceso natural que puede llevar a una deficiencia de este elemento aun cuando el contenido total de fósforo en el suelo pueda ser alto. La fijación fosfórica es un proceso específico de adsorción que ocurre principalmente en los suelos con altos contenidos de óxidos de hierro, hematita, goethita y óxidos de aluminio, gibsita y minerales arcillosos principalmente caolinita. Estos suelos son típicos de zonas tropicales y subtropicales. A un bajo nivel de pH tienden a fijar los fosfatos y aumentando el pH del suelo por medio de la aplicación de cal y materia orgánica, la adsorción específica del fosfato se reduce.

3.7.6 Dilatación y Contracción

La propiedad de dilatarse y contraerse comúnmente ocurre en suelos arcillosos que contienen predominantemente minerales arcillosos, tales como los del grupo de la esmectita. Estos suelos son sometidos a considerables movimientos durante la dilatación y la contracción a causa de los pronunciados cambios de volumen con variaciones en el contenido de humedad.

Los suelos se contraen y se resquebrajan cuando están secos y se expanden, volviéndose plásticos y pegajosos cuando están húmedos. El movimiento del suelo puede causar la formación de un microrelieve típico en la superficie – pequeñas ondulaciones- y de agregados en forma de cuña en el subsuelo.

Estos suelos presentan serios problemas para la labranza ya que tienen una consistencia inadecuada para ello, no solo cuando están secos sino también cuando están húmedos. Cuando están secos son suelos muy duros, haciendo que la labranza sea extremadamente difícil y requiriendo fuerza adicional del tractor, causando un mayor desgaste de los implementos y no permitiendo la formación de una buena cama de semillas ya que los terrones no se rompen.

En contraste, cuando estos suelos están húmedos, son extremadamente plásticos y pegajosos, siendo también en este caso de difícil labranza ya que el suelo se adhiere a las herramientas y aumenta la fuerza de tracción necesaria

3.7.7 Profundidad

La profundidad del suelo es un factor limitante para el desarrollo de las raíces y de disponibilidad de humedad y nutrimentos para las plantas, afectando además la infiltración y las opciones de labranza. Cuanto mas superficial es un suelo, mas limitados son los tipos de uso que puede tener y mas limitado será también el desarrollo de los cultivos. Los suelos superficiales tienen menor volumen disponible para la retención de humedad y nutrimentos y también pueden impedir o dificultar la labranza; también pueden ser susceptibles a la erosión porque la infiltración del agua está restringida por el substrato rocoso.

3.7.8 Textura y mineralogía

La textura está íntimamente relacionada con la composición mineral, el área superficial específica y el espacio de poros del suelo. Esto afecta prácticamente a todos los factores que participan en el crecimiento de las plantas. La textura del suelo tiene influencia sobre el movimiento y la disponibilidad de la humedad del suelo, la aireación, la disponibilidad de nutrimentos y la resistencia a la penetración por las raíces. También tiene influencia sobre las propiedades físicas relacionadas con la susceptibilidad del suelo a la degradación tal como la agregación.

3.7.9 Estructura y porosidad

La humedad es retenida en los microporos; el agua se mueve en los macroporos y estos tienden a ser ocupados por el aire que constituye la atmósfera del suelo. El espacio de poros del suelo es una propiedad dinámica y cambia con la labranza. Los límites entre los cuales su valor puede variar son muy amplios y dependen de la compactación, la forma de las partículas, la estructura y la textura del suelo. La porosidad total está también estrechamente ligada a la

estructura del suelo y esta aumenta a medida que el suelo forma agregados. Cualquier práctica que altere la estructura del suelo, afectará también la porosidad del mismo.

(http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/iita.htm)

Según Larson (1964), la capa superior del suelo agregada junto a la semilla y a las plántulas debería ser de pequeño tamaño de manera de promover un régimen adecuado de humedad y un contacto perfecto entre el suelo, las semillas y las raíces. Sin embargo, no debería ser tan pequeña que favorezca la formación de costras superficiales y capas compactadas.

De acuerdo con Kohnke (1968), el tamaño ideal de los agregados es un diámetro entre 0.5 y 2 mm. Un tamaño mayor de los agregados limita el volumen del suelo explorado por las raíces y los agregados mas pequeños dan lugar a poros demasiados pequeños que no drenarán el agua sino que permanecerán saturados.

3.7.10 Compactación

La densidad de los suelos está relacionada con otras características de los suelos. Por ejemplo, los suelos arenosos de baja porosidad tienen una mayor densidad (1,2 a 1,8 g/cm³) que los suelos arcillosos (1,0 a 1,6 g/cm³) los cuales tienen un mayor volumen de espacio de poros. La materia orgánica tiende a reducir la densidad suelo/masa debido a su propia baja densidad y a la estabilización de la estructura del suelo que resulta en mayor porosidad.

La compactación causada por el uso inadecuado de equipos agrícolas, por el tráfico frecuente o pesado o por el pobre manejo del suelo puede aumentar la densidad del suelo de los horizontes superficiales a valores que pueden llegar a 2 g/m³. La densidad de los suelos a menudo es usada como un indicador de la compactación.

3.7.11 Contenido de nutrientes

La disponibilidad de los nutrientes es fundamental para el desarrollo de los cultivos. El contenido de nutrientes del suelo depende del material y el proceso de formación del suelo, el contenido original del suelo, del abastecimiento y naturaleza de los fertilizantes, de la intensidad de la lixiviación y la erosión, de la absorción de los nutrimentos por parte de los cultivos y de la CIC del suelo.

Aunque la deficiencia de nutrimentos en muchos casos puede ser fácilmente corregida, los suelos con mejor disponibilidad natural de nutrimentos requerirán menores inversiones y, por lo tanto, muestran una aptitud natural para dar mejores rendimientos. El conocimiento de la necesidad de aplicar o no grandes cantidades de nutrimentos en forma de fertilizantes, comparado con la disponibilidad de recursos, es un factor determinante para la recomendación de uso de la tierra.

Además de evaluar los contenidos y proporciones de cationes intercambiables (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+) también será necesario evaluar el contenido de nitrógeno del suelo a través de la materia orgánica, el contenido de fósforo disponible, el contenido de micronutrimentos esenciales y el valor de la CIC del suelo.

3.7.12 La materia orgánica y los organismos

A medida que la cantidad de materia orgánica de fácil descomposición disminuye, el número de organismos también disminuye. Los sucesores de estos organismos atacan los restos, formados por compuestos más resistentes de celulosa y lignina y también compuestos sintéticos, reduciendo su proporción gradualmente a medida que aumenta el humus. La velocidad de transformación de los residuos orgánicos frescos depende de la naturaleza de la materia orgánica inicial y de las condiciones ambientales del suelo.

Después de la aplicación, por ejemplo, de materiales leñosos u otros residuos orgánicos que tienen un alto contenido de carbono y un bajo contenido de nitrógeno –o sea una relación C/N alta- los organismos consumen el nitrógeno disponible en el suelo, inmovilizándolo. Como resultado, durante algún tiempo habrá poco nitrógeno disponible para las plantas.

La quema continua de los residuos tiende a reducir la microflora, sobre todo cerca de la superficie. Dejando los residuos de los cultivos en la superficie del suelo y usando una cobertura vegetativa perenne con un sistema radical denso, se favorecerá un mejor desarrollo de la fauna del suelo y de la biomasa microbiana.

(http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/iita.htm)

4. MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en tres fases, la primera comprendió la descripción de las áreas de estudio (fincas) y la distribución de los tratamientos en las fincas y la siembra del Híbrido de maíz (*Zea mays*) 30k75. La segunda fue la de Actividades de campo donde se tomaran las muestras de suelo al inicio y al final del ciclo del cultivo; también se tomaron muestras foliares (solamente para Limonar – Palmira). Estas se llevaron al laboratorio para su correspondiente determinación. La tercera de análisis estadístico de resultados que involucró la interpretación de los análisis de laboratorio y del rendimiento del cultivo.

4.1 LOCALIZACIÓN

El presente estudio se realizó en suelos de dos fincas del Valle del Cauca, ubicados en los municipios de Jamundí y Palmira:

4.1.1 FINCA: LA NOVILLERA

Se encuentra localizada en el municipio de Jamundi, (zona sur del Valle geográfico del Cauca, a una altitud entre 900 y 1000 m.s.n.m. con un área de 129 ha.



Figura 1. Ubicación de la Finca Novillera, Municipio de Jamundi (Valle del Cauca)

Suelos:

Geomorfológicamente, la unidad de suelos de la hacienda Novillera corresponde al delta abanico de Jamundí. Son suelos desarrollados a partir de materiales aluviales finos. El Orden de suelos que predomina es el Inceptisol (Oxic Dystropept); En zonas del sur del valle del Cauca presentan características muy particulares ya que son considerados de poca evolución pueden presentar horizontes diagnósticos generalmente umbrico y/o cámbico. Pueden presentar procesos de reducción Fe o Al, asociado a niveles freáticos poco profundos. En la parte Física se observan situaciones de mal drenaje superficial, acarreando en cultivos industriales como Maíz (*zea mays*) y Caña de azúcar (*Sacchaum officinarum*) problemas en las labores de riego y fertilización. (Hoyos, 2004).

Climatología.

El clima corresponde al piso térmico cálido moderado,; con precipitaciones que varían entre 1000 y 2000 mm/año presentando un comportamiento bimodal representado en dos períodos lluviosos (abril-mayo; octubre-noviembre) y uno

marcadamente seco (junio, julio y agosto) y periodos de transición de lluviosos a secos y de seco a lluviosos. Esta zona (sur del Valle) presenta una mayor precipitación pluvial que en el sector Norte, debido posiblemente, a que los vientos húmedos provenientes del océano Pacífico, tienen un trayecto más corto hacia esta zona, y la cadena de montañas de la cordillera Occidental es de menor altura y por consiguiente las lluvias son mayores. (Hoyos, 2004).

4.1.2 FINCA: EL LIMONAR

Ubicada en el Corregimiento de Roza, municipio de Palmira; a una altura de 950 msnm. (Zona centro del Valle geográfico del río Cauca).



Figura 2. Ubicación de la Finca Limonar, Municipio de Palmira (Valle del Cauca)

Suelos:

El orden de suelos que predomina es el Vertisol (Typic calciustert); Los procesos que favorecen la génesis de estos suelos, frecuentes en zona centro del Valle del Cauca, Colombia, resultan del comportamiento asociado con materiales aluviales con abundancia de arcillas de predominio 2:1; aunque están también presentes las 1:1, si bien los regímenes de humedad pueden variar desde el ácuico hasta el ústico, las condiciones modales favorecen la síntesis de arcillas 2:1, los fenómenos de expansión-contracción, el agrietamiento pronunciado y los múltiples procesos de inversión (micro relieve desviaciones de la vertical en las estructuras, lustre, etc.) (IGAC, 1995). Las estructuras del epipedón han sido descritas como de prismas y bloques angulares pequeños o granular fuerte (Buol et al., 1986).

Climatología:

Temperatura promedio de 26°C, humedad relativa del 65% y una precipitación anual de 800 mm de régimen bimodal. Presenta una menor precipitación pluvial que en el sector sur del Valle del Cauca y una alta evapotranspiración que pueden ocasionar problemas de salinidad en los suelos (Cadavid, 2003).

4.2 DISEÑO ESTADISTICO Y DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS

Se consideró conveniente adoptar el diseño experimental correspondiente a Bloques completos al azar (BCAA) donde se establecieron arreglos según la topografía del terreno de acuerdo a su ubicación relativa en la pendiente y cuyo esquema se compuso de 3 bloques, en cada uno de los cuales están los 5 tratamientos estudiados, distribuidos al azar en parcelas, y sobre las que se han realizado siembras convencionales de Maíz, en las dos Haciendas.

El tamaño de la parcela de cada tratamiento tuvo un área de 333.33 metros cuadrados para un área total de 4 hectáreas del lote experimental en cada finca (figura 3).

B1	T1	T2	T3	T4	T
B3	T3	T4	T	T1	T2
B2	T	T1	T4	T2	T3

Figura 3. Descripción de tratamientos

T1= susprot + micelio

T2= susprot + agroplus

T3= susprot

T4= susprot + micelio + agroplus

T = Testigo (fertilización convencional)

B1 = Bloque 1

B2 = Bloque 2

B3 = Bloque 3

La aplicación de los productos en los tratamientos se realizó a los 45 DDS (Después de la siembra) por medio de un tractor equipado con un tanque y con sus respectivas boquillas de aspersión. La dosis se representa de la siguiente manera: SUST PROT: 1500 Kg. /ha, Micelio: 100 Kg. /ha y Agro plus: 130 L / ha. (Ver la composición de los productos en anexos 2 y 3).



Figura 4. Preparación de SUST PROT para la aplicación al suelo
Foto: Industrias del Maíz S. A. (Santiago de Cali, 2005)



Figura 5. Aplicación de SUST PROT en un suelo cultivado con Maíz (*Zea mays*).
Foto: Industrias del Maíz S. A. (Santiago de Cali, 2005)

4.3 CARACTERISTICAS DEL CULTIVO

El maíz que se estableció (Tabla 2) fue el híbrido 30K75 de la casa comercial *Pioneer*. Se caracteriza por su alto rendimiento y estabilidad en el Valle del Cauca y por su adaptación comprobada a las condiciones del trópico. La distancia de siembra fue 0.3 m entre plantas y 0.8 m entre surcos, para un promedio de 66.666 plantas / ha.

Tabla 5. Características Agronómicas: Híbrido de Maíz 30k75

Días a floración:	105*
Días a madurez fisiológica:	49 - 51*
Días a cosecha:	130*
Prolificidad:	1 a 2 mazorcas por planta
Altura de planta:	260 cm en promedio
Altura de mazorca:	118 cm en promedio
Mazorca:	Semicónica Sin puntas vanas Excelente cobertura
Color del grano:	Amarillo – Naranja
Rendimiento potencial:	Surcos a 80 cm 9800* k / ha

**Datos promedio. Pueden variar de acuerdo a la región. (Cadavid, 2003)*

4.4 MUESTREO PARA ANÁLISIS DE SUELOS

Se realizaron en dos (2) épocas, el primero un (1) día antes de la preparación del suelo para la siembra y el segundo un (1) día después de cosecha mecanizada. Para las determinaciones físicas de los suelos se tomaron muestras a 2 profundidades (0 – 10 y 10 – 20cm) y para las químicas a una sola profundidad de 25 cm.

4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN.

Las muestras de suelo recolectadas en campo posteriormente se enviaron al laboratorio para ser analizadas, cuyos datos permitieron el análisis comparativo de estos, entre las dos épocas y con los análisis foliares (este solo se realizó para Limonar - Palmira).

Los datos procesados estadísticamente con las pruebas:

- Prueba de DUNCAN para determinar si se presentan diferencias significativas entre tratamientos y entre fincas para las variables físicas y químicas del suelo.
- Correlación de PEARSON para determinar cuáles variables tienden a estar relacionadas entre sí, ya sea directa (positiva) o inversa (negativa).

Considerando las siguientes Variables respuesta:

Propiedades físicas: Densidad aparente, Densidad Real, Textura, Estabilidad de agregados, Conductividad Hidráulica.

Propiedades químicas: Reacción del suelo (pH), Materia Orgánica, Elementos mayores, Elementos menores, Capacidad de intercambio Catiónico, Bases intercambiables, Conductividad eléctrica.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 CARACTERIZACION INICIAL DEL SUELO

5.1.1 Caracterización química del suelo Finca Novillera (Jamundi)

En la tabla 6 se muestran las características químicas de los suelos de Novillera (Jamundi) en los primeros 25 cm de profundidad antes de la aplicación del producto SUSPROT.

Tabla 6. Características químicas de los suelos de las fincas Novillera (Jamundi - Valle del Cauca).

pH (Relación 1:1)	M.O. (%)	C.O. (%)	Nitrógeno total (%)	Fósforo (ppm) (Bray II)	Potasio (Cmol / Kg)	Calcio (Cmol / Kg)	Magnesio (Cmol / Kg)	Sodio (Cmol / Kg)	CIC (Cmol / Kg)
4.45	8.04	4.66	0.40	21.82	0.19	3.96	3.65	0.19	17.81

Saturación de bases (%)	Aluminio (meq / 100 g)	Saturación Aluminio (%)	Hidrogeno (meq /100 g)	Cobre (ppm)	Zinc (ppm)	Manganeso (ppm)	Hierro (ppm)	Boro (ppm)
44.86	1.19	6.7	0.55	24.65	3.48	33.38	430.63	0.08

Fuente: Laboratorio Universidad Nacional de Colombia - sede Palmira.

En los lotes de la Finca Novillera (Jamundi) el pH se considera fuerte a extremadamente ácido (4.0 – 4.5 ICA, 1993), los valores de materia orgánica fueron de 8.04%, altos para la zona plana del Valle del Cauca; a partir de este dato y como se muestra en la tabla --, el Nitrógeno Total es del orden del 0,4% y la relación C/N fue de 11.65

El Fósforo presenta valores altos, superiores a 20 ppm (ICA, 1992); el Potasio con valores de 0.19 Cmol/kg (bajos ICA 1992). Los contenidos de Ca^{+2} y Mg^{+2}

son medios (3.96 y 3.65 Cmol (+)/ Kg respectivamente) aunque no se mantiene una relación óptima de Ca/Mg, porque fue de 1:1

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se encontró en un nivel medio (10 – 20 Cmol/kg suelo, Castro 1998) es decir con un valor de 17.81 Cmol/kg suelo.

De acuerdo con la saturación de bases que llegó al 44.86%, las mayores saturaciones los cationes de cambio fueron de Ca^{+2} y Mg^{+2} con 22.2% y 20.5 respectivamente, estimándose como valores bajos (Castro, 1998).

Al considerar los criterios generales de la acidez intercambiable, se puede observar que el contenido de Al^{+3} (1.19 Cmol/mkg suelo) es menor de 2 Cmol/mkg suelo, la relación $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^{+} / \text{Al}^{+3}$ fue mayor a 1 y el porcentaje de saturación de Al^{+3} no supera el 25%. Con estas tendencias no se esperarían problemas de este elemento tanto en el suelo como en el cultivo (Castro, 1998).

Los niveles críticos de los elementos menores en el suelo (Lora, 1991) se destaca el contenido de Hierro (430.63 ppm) que se considera extremadamente alto (mayor de 50 ppm).

El Cobre, Manganeseo y Zinc también reportan contenidos por encima del nivel alto (3.0, 10.0 y 3.0 ppm respectivamente), a diferencia del Boro que fue el único que se estuvo en el nivel bajo (menores de 0.25 ppm).

5.1.2 Caracterización Física del suelo Finca Novillera (Jamundi)

A partir de la tabla 7, basados en Montenegro (2003), se clasifican los valores de las propiedades físicas de la finca Novillera antes de la aplicación de SUSTPROT, donde se puede apreciar que la conductividad hidráulica en los primeros 10 cm del suelo fue de 47.07 cm /h clasificándose como *muy rápida* y en la profundidad 10 – 20 cm 12.47 cm /h como *Rápida*.

La relación entre los valores de densidad aparente y porosidad total coinciden con Duchaufour (1965) (citado por Montenegro, 2003),

Tabla 7. Características químicas de los suelos de las fincas Novillera (Jamundi - Valle del Cauca).

Fincas	Conductividad hidráulica (cm /h)	Densidad aparente (g/cc)	Porosidad Total (%)	Índice de estabilidad	Textura		
					% Arena	% Limo	% Arena
Novillera							
0 - 10 cm	47,07	1,32	49,48	0,58	4,00	44,26	51,73
10 - 20 cm	12,47	1,41	46,82	0,28			

Fuente: Laboratorio Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

5.1.3 Caracterización química del suelo Finca Limonar (Palmira)

En la tabla 8 se muestran las características químicas de los suelos de Limonar (Palmira) en los primeros 25 cm de profundidad antes de la aplicación del producto SUSPROT.

Tabla 8. Características químicas de los suelos de las fincas Limonar (Palmira - Valle del Cauca).

pH (Relación 1:1)	M.O. (%)	C.O. (%)	Nitrógeno total (%)	Fósforo (ppm) (Bray II)	Potasio (Cmol / Kg)	Calcio (Cmol / Kg)	Magnesio (Cmol / Kg)	Sodio (Cmol / Kg)	CIC (Cmol / Kg)
7.29	3.52	2.04	0.18	91.85	0.66	14.82	5.49	0.21	21.18

Saturación de bases (%)	Aluminio (meq / 100 g)	Hidrogeno (meq /100 g)	Cobre (ppm)	Zinc (ppm)	Manganeso (ppm)	Hierro (ppm)	Boro (ppm)
100	-	-	13.89	1.74	39.75	14.18	0.70

Fuente: Laboratorio Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Para la Finca Limonar la reacción del suelo (pH) fue de 7.29 considerado como Ligera/ alcalino (ICA, 1993), los contenidos de materia Orgánica fueron de 3.52% (valor promedio para la zona plana del valle del cauca).

Dentro de los rangos de los elementos en el suelo (ICA, 1993), el Fósforo (91.85 ppm) y el Potasio (0.66 Cmol/kg) se presentaron en niveles altos (mayor a 30 ppm y 0.40 Cmol/kg respectivamente).

El Ca^{+2} y Mg^{+2} estuvieron relativamente altos (14.82 Cmol/kg y 5.49 Cmol/kg respectivamente) pero la relación Ca/Mg es optima, es decir de 3/1 aproximadamente.

De acuerdo con el valor de la CIC, podemos Considerar entonces el porcentaje de saturación de bases fue del 100% con predominio de las bases calcio y magnesio. (El porcentaje de saturación de estos cationes, fue de 69.97% y de 25.92% respectivamente, ver figura 2).

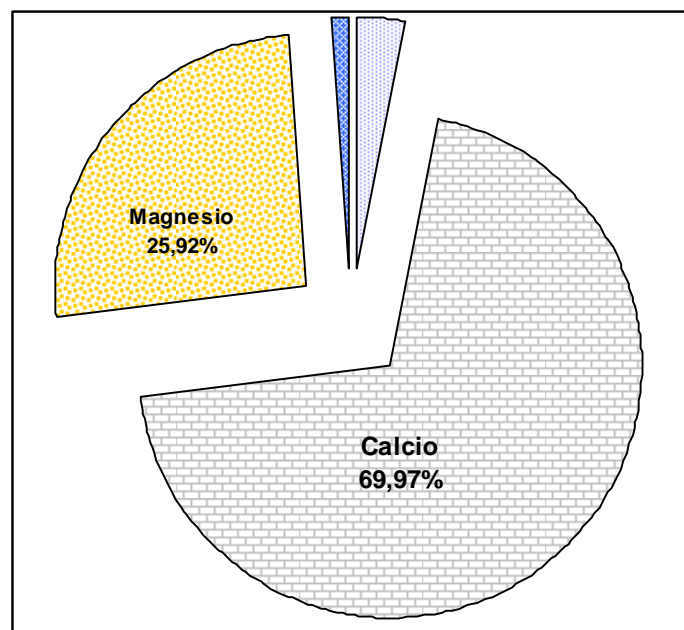


Figura 6. Saturación de cationes Ca^{+2} y Mg^{+2} en suelos de la finca Limonar, Palmira (Valle).

Los niveles de Boro, Cobre y Manganeso se encontraron altos, en el nivel medio estuvo el Hierro y en bajas concentraciones el Zinc.

5.1.4 Caracterización Física del suelo Finca Limonar (Palmira)

La determinación de la conductividad hidráulica presento una clasificación *Moderadamente rápida* en los primeros 10 cm de profundidad. Para la profundidad de 10 – 20 cm resulto con promedios de 3.5 cm / hora clasificándose como moderada. La densidad aparente en los primeros 10 cm tuvo un promedio de 1.30 g/cm³, mientras que en la profundidad de 10 – 20 cm presentó valores más altos para las dos localidades principalmente en Jamundi con un promedio de 1.41 g/cm³.

Tabla 8. Características físicas de los suelos de las fincas Limonar (Palmira - Valle del Cauca).

Finca Limonar	Conductividad hidráulica (cm /h)	Densidad aparente gcm ⁻¹	Porosidad Total (%)	Índice de estabilidad	Textura		
					% Arena	% Limo	% Arena
0 - 10 cm	6,49	1,30	50,33	0,73	28,00	52,80	19,20
10 - 20 cm	4,44	1,37	47,75	0,78			

5.1.5 Caracterización química del SUST PROT

En la tabla 9 se presenta la composición química del SUST PROT (como proteica) el cual fue suministrado por Industrias del Maíz S. A.

Tabla 9. Composición química del SUSPTROT

pH	4		
SÓLIDOS %	41		
DENSIDAD	1.1950.		
AZUCARES REDUCTORES	1.9		
ELEMENTO	%	MICRO ELEMENTO	ppm
NITROGENO TOTAL	7.5	BORO	30
CARBONO ORGANICO	35.4	COBRE	25
FOSFORO	3.3	HIERRO	300
POTASIO	4.5	MANGANESO	50
CALCIO	0.06	ZINC	175
MAGNESIO	1.5	MOLIBDENO	2
AZUFRE	0.58		

Según los requisitos específicos de la norma técnica colombiana (anexo 4), este producto no aplicaría dentro de la clasificación como fertilizante o abono, pero si

se aproxima a clasificarse como Enmienda Orgánica no Humica siempre y cuando tenga un proceso especial de transformación y/o manejo.

Uno de los principales requisitos que se cumple es el porcentaje de carbono orgánico que esta por encima de la norma (mínimo 30%).

Puede observarse en los Macro elementos el alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, también niveles altos para todos los micro-elementos a excepción del Mo.

El pH de este producto es ácido, es decir que no cumple con los requisitos de las normas, sin embargo la modificación de esta propiedad deberían considerarse después de estudios agronómicos preliminares.

Los estudios de transformación y aplicación de este producto orgánico-mineral generan una fuente potencial de investigaciones y prácticas que se puede considerar indispensable para suplir los requerimientos de nutrimentos para los cultivos a fin de obtener un óptimo desarrollo.

5.2 CARACTERIZACION DEL SUELO DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL SUSPROT EN FINCA NOVILLERA (JAMUNDI)

El análisis de varianza muestra que existen diferencias significativas en las variables Fósforo y Boro en las propiedades químicas por efecto de tratamientos (tabla 10).

Tabla 10. Análisis de Varianza para las Variables de Respuesta Asociadas a Propiedades Químicas de dos Suelos

Finca	Fuente de variación	Grados de Libertad	Boro (ppm)		Fósforo (ppm)	
			CM	Pr > F	CM	Pr > F
Novillera Jamundi	Rep	2	0,0034	ns	31,17	ns
	Tratamiento	4	0,0081	*	44,66	*
	Promedio		0,16		27,50	
	CV (%)		32,5		15,1	

**: Altamente Significativo (1%) * : Significativo (5%) ns: No Significativo

En las propiedades físicas del suelo las variables, conductividad hidráulica y densidad aparente fueron las variables que mostraron diferencias significativas (tabla 11).

Tabla 11. Análisis de Varianza para las Variables de Respuesta Asociadas a Propiedades Físicas del Suelo de la finca Novillera (Jamundi).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Conductividad Hidráulica (cm/h)				Densidad Aparente (g/cm ³)			
		0 - 10 cm.		10 - 20 cm.		0 - 10 cm.		10 - 20 cm.	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Rep	2	1733,1	ns	1988,0	ns	0,0071	ns	0,0257	ns
Tratamiento	4	8995,9	*	4237,7	*	0,1058	*	0,0306	ns
Promedio		48,97		28,77		1,02		1,00	
CV (%)		90,9		170,8		12,3		14,0	

**: Altamente Significativo (1%) * : Significativo (5%) ns: No Significativo

Para las demás variables pH, Materia Orgánica, potasio, calcio, magnesio, aluminio, CIC, cobre, hierro, zinc, manganeso, textura, estabilidad de agregados y densidad real, no se detecto diferencias estadísticas.

La prueba de comparación de medias (tabla 12) nos muestra como el tratamiento Testigo obtuvo mayores contenidos de Fósforo y Boro.

Tabla 12. Grupos LS Means (Media Mínima Cuadrática) para las Variables de Respuesta Asociadas a algunas Propiedades Químicas en la finca Novillera (Jamundi - Valle)

Fósforo (ppm)			Boro (ppm)		
Tratamiento	Promedio	Media Mínima Cuadrática	Tratamiento	Promedio	Media Mínima Cuadrática
TESTIGO	36,12	a	TESTIGO	0,25	a
S + M + A	28,24	a b	S	0,18	a b
S + A	27,24	a b	S + M	0,15	a b
S	23,04	b	S + M + A	0,12	b
S + M	22,86	b	S + A	0,11	b

Nota: Dentro de una misma columna, promedios con igual letra no difieren estadísticamente.

El tratamiento Testigo fue el que presento mas Fósforo en el suelo después de la aplicación, mientras que los tratamientos S+M y S presentaron menor contenido (tabla 12), es posible que hallan permitido una mayor absorción por parte del cultivo ya que fueron coincidentalmente los tratamientos con mayor rendimiento (5.6 y 4.8 ton /ha respectivamente) (ver figura 22).

De acuerdo con lo anterior, la figura 7 muestra que el tratamiento testigo tuvo una tendencia a aumentar el Fósforo edáfico después de la aplicación y consecuentemente su rendimiento fue el menor de todos.

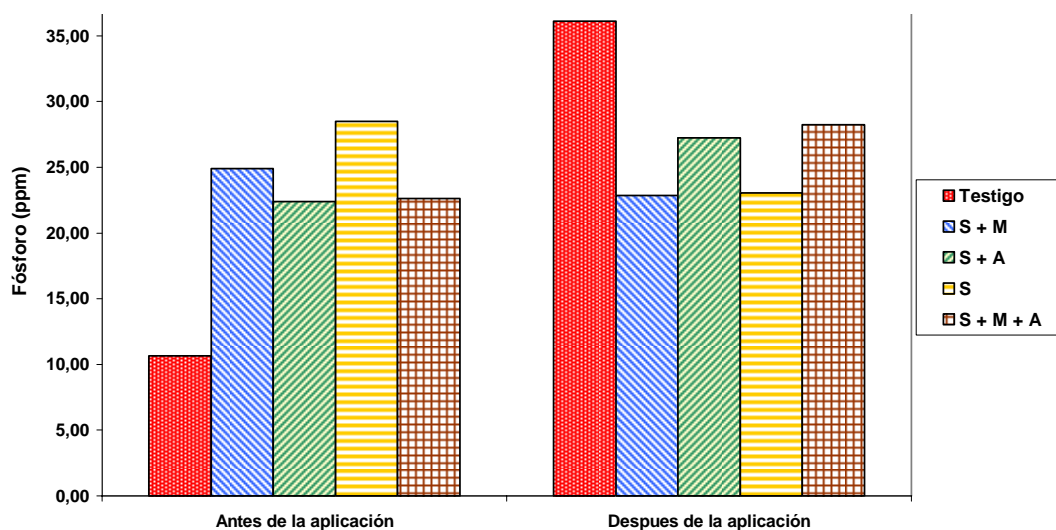


Figura 7. Efecto de tratamientos sobre la variación de fósforo en la finca Novillera – Jamundi (Valle)

Para la variable Boro, el tratamiento Testigo también presento el mayor aumento en el suelo después de la aplicación, pero a diferencia de la variable Fósforo, los tratamientos con menor contenido finalmente fueron S+A y S+M+A (figura 8).

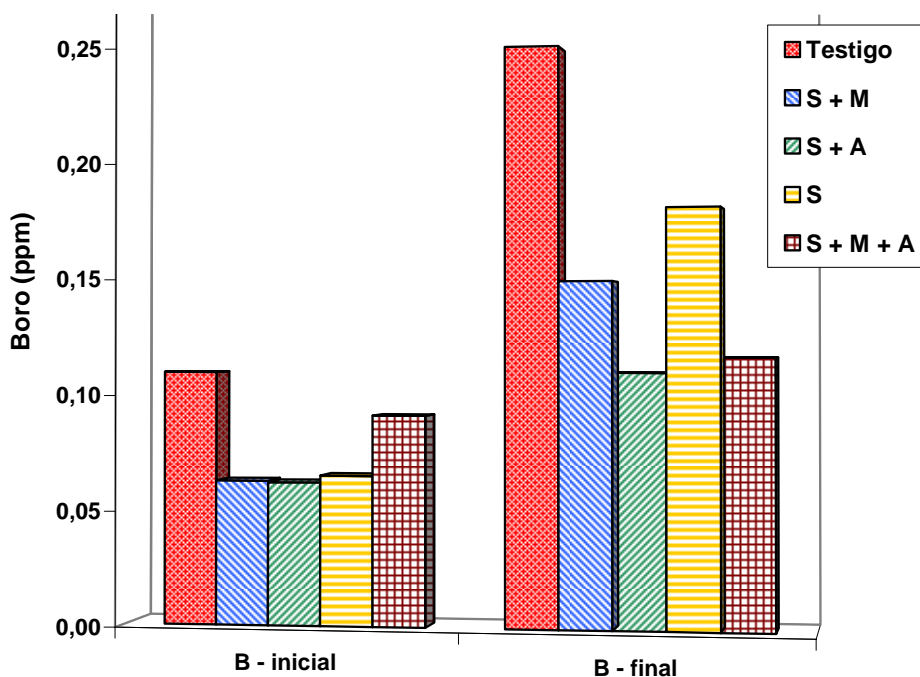


Figura 8. Efecto de tratamientos sobre la variación de Boro en la finca Novillera – Jamundi (Valle).

La variable pH también presentó cambios, prácticamente bajó a excepción del tratamiento S+A (figura 9), considerando que los productos SUST-PROT y AGROPLUS poseen una reacción muy acida, es decir con un pH de 4 (ver tabla 9 y anexo 3 respectivamente).

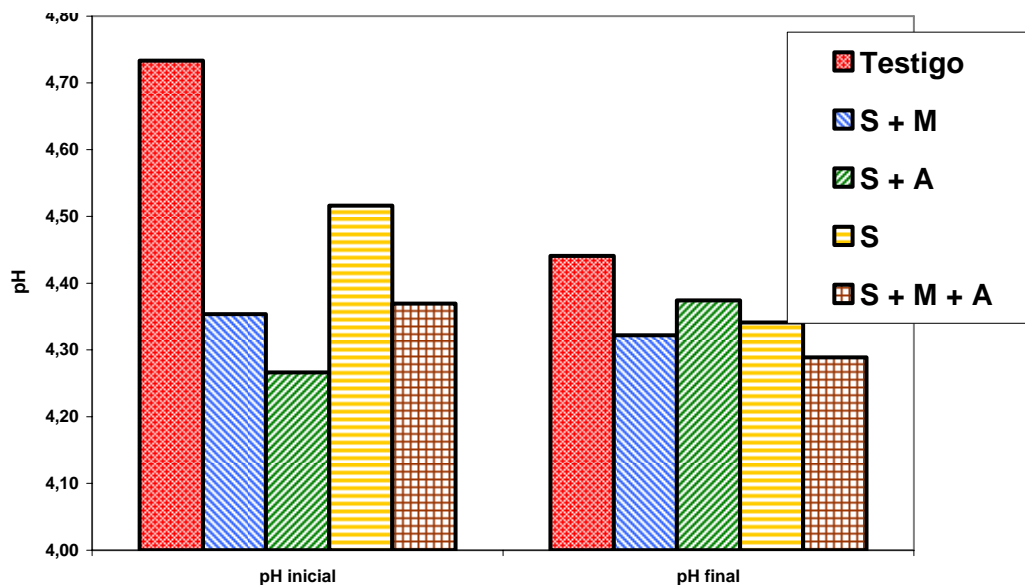


Figura 9. Efecto de los Tratamientos sobre las Variaciones de pH en la finca Novillero, Jamundí (Valle del Cauca).

El efecto sobre la reacción del suelo (pH) debe implicar otras evaluaciones asociadas a la biología que conlleven a un manejo adecuado en la aplicación de este tipo de producto, porque a pesar de que el contenido de materia orgánica es considerablemente alto para la zona, no hay una estabilización química en el pH del suelo en los tratamientos, es decir, que estos cambios pueden ser ocasionados por otros factores externos no evaluados en el experimento.

Por otra parte es importante observar la variable Fe^{+2} que a pesar de que el ANDEVA no reporta significancia, se destaca valores iniciales altos en el suelo de acuerdo a sus características taxonómicas y que posiblemente por los altos contenidos de Hierro en el SUSPROT conllevaron a una extremada acumulación en el suelo al final del experimento (figura 10).

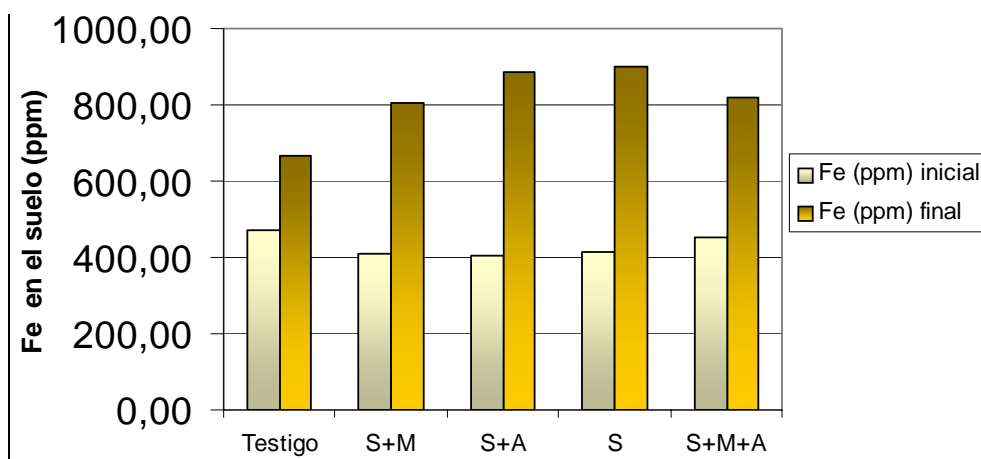


Figura 10. Contenidos de Fe en el suelo en 2 épocas en la finca Novillera Jamundi (Valle)

Para las propiedades físicas (tabla 13) se encontró diferencias en la Densidad aparente en los primeros 10 cm donde el tratamiento “Testigo” tuvo el mayor valor (1.35 g/cm³), mientras que los otros tratamientos con las respectivas aplicaciones registraron densidades por debajo de 1 g/cm³, es decir que disminuyó con respecto al promedio inicial (1.31 g/cm³);

Tabla 13. Grupos LSMeans (Media Mínima Cuadrática) para las Variables de Respuesta Asociadas a algunas Propiedades Físicas del Suelo en la finca Novillera (Jamundi).

Profundidad (cm)	Conductividad Hidráulica (cm/h)			Densidad Aparente (g/cm ³)		
	Tratamiento	Promedio	Media Mínima Cuadrática	Tratamiento	Promedio	Media Mínima Cuadrática
0 - 10 cm	S + M + A	147,90	a	TESTIGO	1,35	a
	S	31,10	b	S + M + A	0,97	b
	TESTIGO	30,58	b	S	0,95	b
	S + M	28,03	b	S + M	0,91	b
	S + A	7,22	b	S + A	0,91	b
10 - 20 cm	S + M	107,13	a	TESTIGO	1,13	a
	S + M + A	21,58	a b	S + M + A	1,08	a
	S + A	21,35	a b	S	0,94	a
	S	10,59	a b	S + A	0,93	a
	TESTIGO	1,64	b	S + M	0,90	a

En la variable Conductividad hidráulica el tratamiento S+M+A fue el se destaco por tener altos valores 147.9 cm/h en los primeros 10 cm y el tratamiento S+M con 107.13 cm/h en la profundidad de 10 - 20 cm; cabe destacar que el tratamiento testigo fue el que presento menor conductividad en las 2 profundidades.

Según Burbano (1989), el suelo se ve favorecido cuando recibe aplicaciones de materiales orgánicos; la velocidad de infiltración, conductividad hidráulica y retención de agua normalmente se incrementan y la densidad aparente se reduce. El grado de estos cambios, no obstante, es a menudo muy pequeño y no es posible demostrar su beneficio en uno o dos ciclos de cultivo. Esto resulta especialmente cierto en suelos tratados con pequeñas cantidades de desechos orgánicos;

En relación a lo anterior, la composición del Micelio y del Agroplus (anexos 2 y 3) admite que el tratamiento S+M+A en los primeros 10 cm de profundidad (Figura 11), y el tratamiento S+M en la profundidad de 10 – 20 cm (Figura 12), puede favorecer la alta conductividad Hidráulica, además de las condiciones acidas y el alto contenido de arcillas que contribuyen a la colonización de hongos y a su vez coincide con el aumento del Índice de estabilidad de agregados (Figura 13).

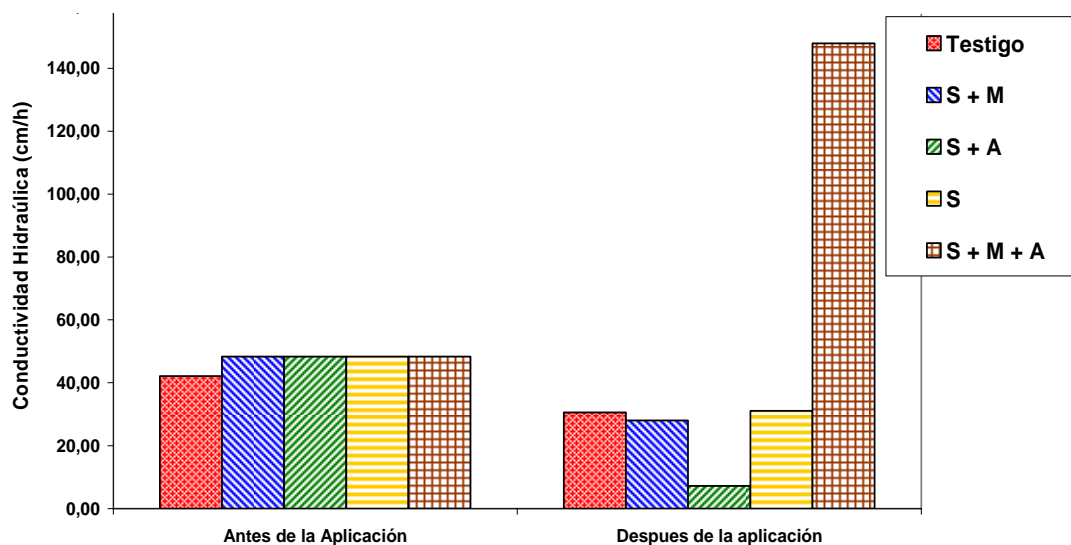


Figura 11. Efecto de los Tratamientos sobre las Variaciones de la conductividad Hidráulica a la Profundidad de 0-10 cm y para las 2 épocas en la Finca Novillera - (Jamundí, Valle)

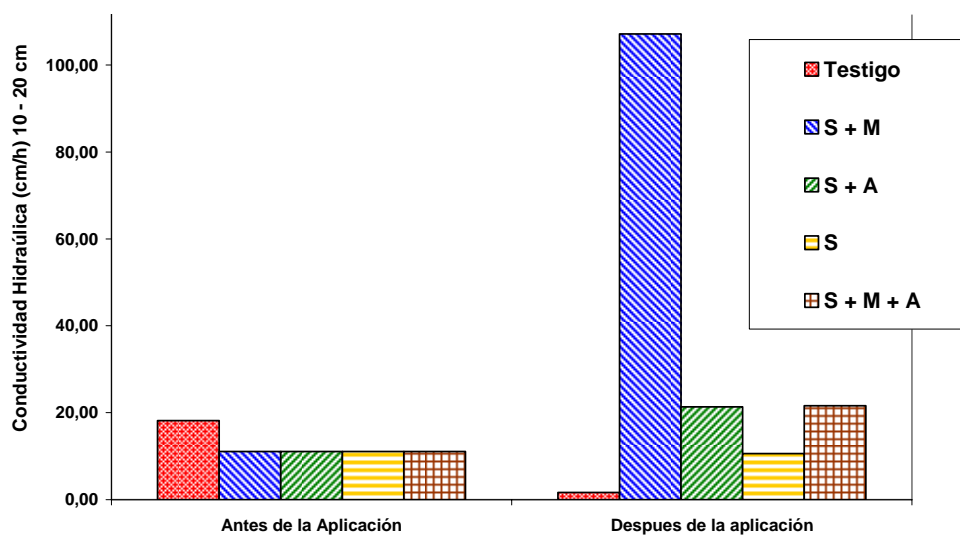


Figura 12. Efecto de los Tratamientos sobre las Variaciones de la conductividad Hidráulica a la Profundidad de 10 - 20 cm y para las 2 épocas en la Finca Novillera (Jamundí, Valle)

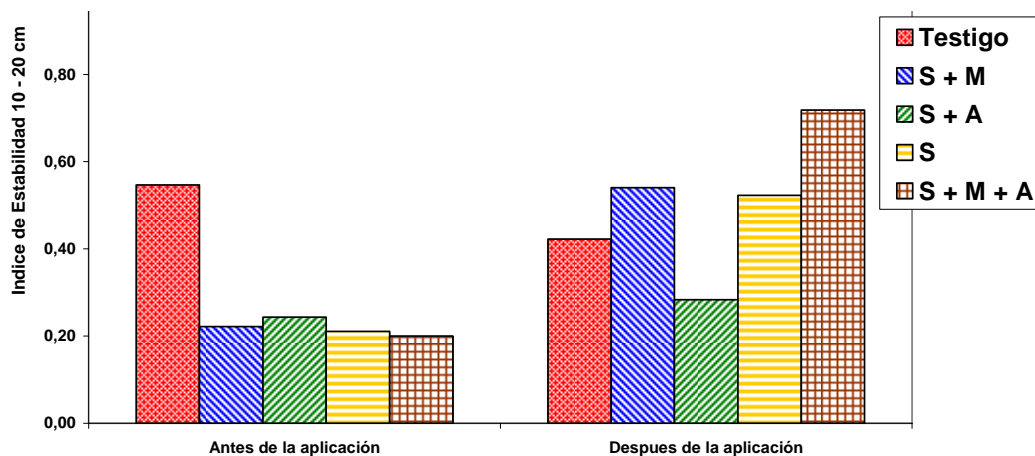


Figura 13. Efecto de los Tratamientos sobre las Variaciones del Índice de Estabilidad (IE) a la Profundidad de 10 - 20 cm en las 2 épocas en la Finca Novillero - Jamundí (Valle)

En la propiedad Densidad aparente los tratamientos S+M y S+A disminuyeron con respecto al valor inicial, lo que se explica que los contenidos de estas sustancias pudieron haber favorecido el reacomodo de partículas en el suelo (figura 14).

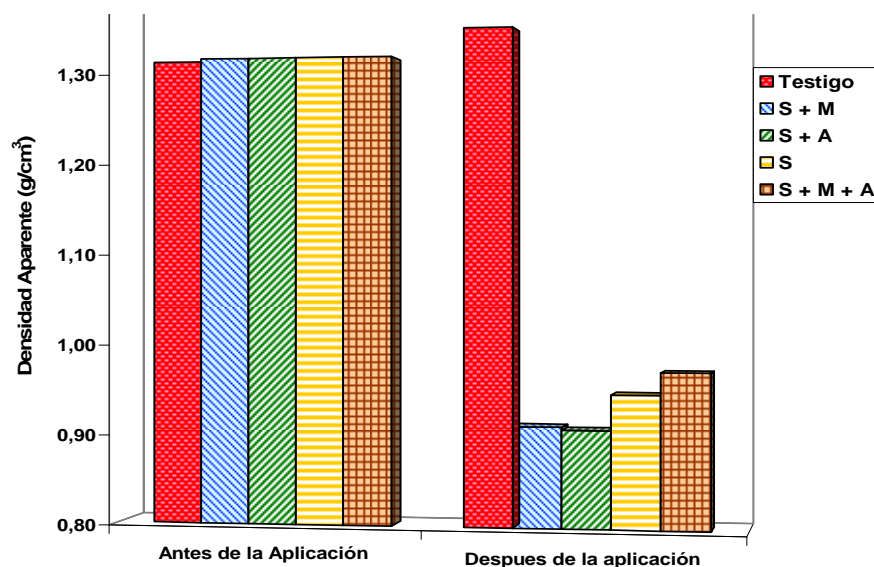


Figura 14. Efecto de los Tratamientos sobre las Variaciones de la Densidad Aparente a la Profundidad de 0-10 cm en la Zona de Jamundí.

Esto puede asociarse al efecto de residuos frescos tal como ocurre con los abonos verdes mejora notablemente la agregación del suelo, disminuye la densidad del suelo, aumentando la capacidad de aireación y el agua aprovechable (Orozco, 1983).

Sin embargo este efecto es más debido a la acción pegante de los azúcares y de los microorganismos: micelios de hongos y la acción directa de bacterias y actinomicetos; de acuerdo con Baver et al (1975), esta acción es muy limitada en el tiempo, pues los compuestos simples son biodegradables rápidamente al igual que la actividad biológica disminuye también rápidamente por la misma razón. Para Orozco (1983), por el contrario cuando los residuos se aportan en forma humificada, estos actúan por medio de un mecanismo diferente sobre la agregación al complejarse con la fracción mineral para lograr mayor estabilidad en el tiempo.

5.3 CARACTERIZACION DEL SUELO DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL SUSPROT EN FINCA LIMONAR (PALMIRA)

En el análisis de todas las variable tanto en las propiedades físicas como en químicas, la variable fósforo fue la única que presento diferencias significativas (Tabla 14).

Tabla 14. Análisis de Varianza para las Variables de Respuesta Asociadas a Propiedades del Suelo de la finca Limonar, Palmira (Valle).

Finca	Fuente de variación	Grados de Libertad	Fósforo (ppm)	
			CM	Pr > F
Limonar Palmira	Rep	2	81,98	ns
	Tratamiento	4	2169,97	*
	Covariable	1	5736,90	*
	Promedio		115,24	
	CV (%)		39,7	

**: Altamente Significativo (1%) *: Significativo (5%) ns: No Significativo

Al realizar la prueba de comparación de medias para las propiedades químicas (tabla 15) se observa que para el Fósforo en el tratamiento Testigo se obtuvieron los mayores contenidos con 119,47 ppm y en el tratamiento S+A con los menores contenidos (42.3 ppm).

Tabla 15. Grupos LSMeans (Media Mínima Cuadrática) para las Variables de Respuesta Asociadas a algunas Propiedades Químicas del Suelo en la finca Limonar, Palmira (valle).

Fósforo (ppm)		
Tratamiento	Promedio	Media Mínima Cuadrática
TESTIGO	119,47	a
S + M	81,28	b
S	71,18	b
S + M + A	61,98	b
S + A	42,30	b

Para relacionar entonces la variable fósforo tanto en el suelo como en el tejido foliar, como lo muestra la figura 15, generada a partir de la prueba de comparación de medias, el Testigo resultó con menor contenido foliar (0.25%) (Ver tablas 18 y 19) y mayor en el suelo; por el contrario, el tratamiento S+A resultó con mayor contenido de Fósforo en los tejidos y menor en el suelo; lo cual podría deberse a que durante el proceso de descomposición de este producto se producen algunos compuestos orgánicos característicos que estarían interactuando con las formas de fósforo presentes en este suelo y posiblemente se harían disponibles para la planta como consecuencia de esta interacción.

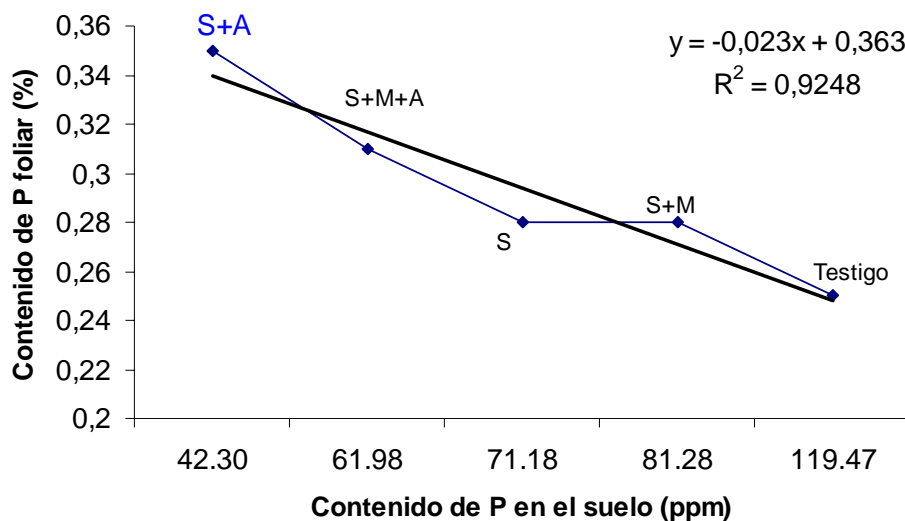


Figura 15. Relación entre el contenido de P en un híbrido de Maíz (30k75) y en el suelo de la finca Limonar (Palmira – Valle del Cauca).

Estos resultados son coincidentes con lo señalado por muchos autores (Wade y Sánchez, 1983; Geiger et al., 1991; Duxbury et al., 1991), quienes indican un efecto positivo de residuos de origen vegetal sobre la disponibilidad y absorción del Fósforo, bien por aporte directo vía degradación y mineralización rápida, bien por la interacción de productos, de las primeras fases de degradación del Residuo orgánico y formas inorgánicas del fósforo presentes en el suelo.

En la variable CIC aunque no presento diferencias en el análisis de varianza cabe destacar que esta propiedad tuvo incremento en todos los tratamientos a excepción del Testigo, (figura 16).

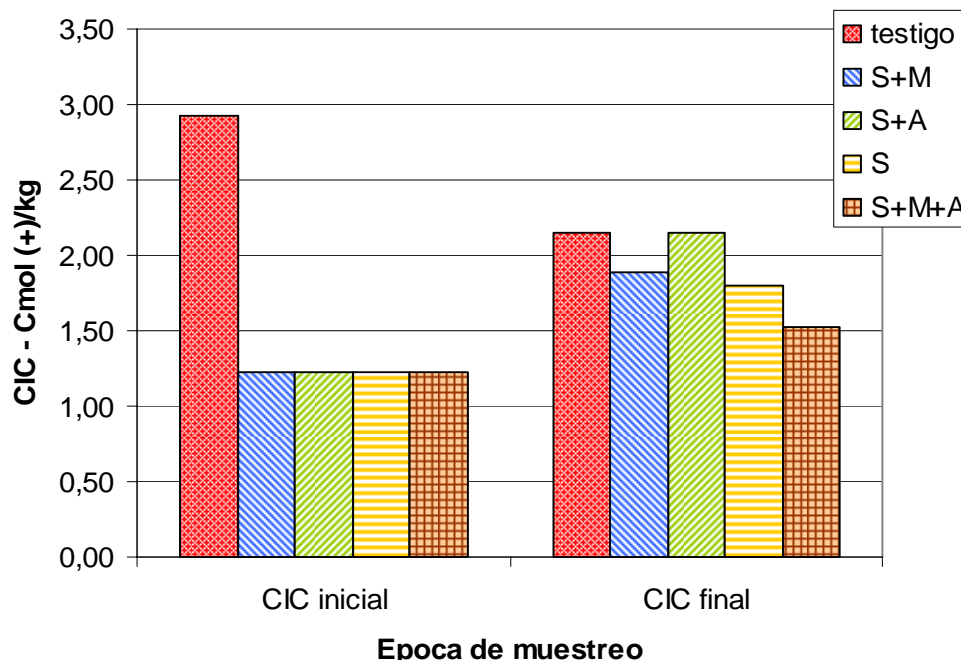


Figura 16. Efecto de los tratamientos sobre las variaciones de la CIC en la finca Limonar - Palmira

Estos resultados concuerdan con lo citado en la literatura por Jiang *et al.*, 1990; Duxbury *et al.*, 1991, Hanes y Mucha, 1991) explican en buena medida que el aporte de materiales de origen vegetal al suelo (en este caso SUSPROT), hay una elevación de carácter “temporal” de la CIC, debido a la degradación de los residuos orgánicos, que conllevan a la presencia o formación de grupos funcionales del tipo COOH y OH fenólicos capaces de suministrar cargas.

Los mejores resultados fueron para el Super Fosfato Triple y la Roca Fosforica mezclada con compost.

Para las variables referentes a las propiedades físicas no hubo diferencias estadísticas significativas, sin embargo, los mayores valores de conductividad resultaron en el tratamiento S y los mayores valores de la densidad aparente en el tratamiento Testigo en las 2 profundidades (tabla 16).

Profundidad (cm)	Conductividad Hidráulica (cm/h)			Densidad Aparente (g/cm ³)		
	Tratamiento	Promedio	Media Mínima Cuadrática	Tratamiento	Promedio	Media Mínima Cuadrática
0 - 10 cm	S	18,63	a	TESTIGO	1,68	a
	S + M + A	7,49	a	S + A	1,48	a
	S + A	7,06	a	S + M + A	1,45	a
	TESTIGO	6,41	a	S + M	1,34	a
	S + M	2,62	a	S	1,26	a
10 - 20 cm	S + A	9,21	a	TESTIGO	1,49	a
	S + M + A	7,17	a	S	1,32	a
	S	6,52	a	S + A	1,29	a
	TESTIGO	4,98	a	S + M + A	1,25	a
	S + M	2,02	a	S + M	1,24	a

Nota: Dentro de una misma columna, promedios con igual letra no difieren estadísticamente

Tabla 16. Grupos LSMeans (Media Mínima Cuadrática) para las Variables de Respuesta Asociadas a algunas Propiedades Físicas del Suelo en la finca Limonar – Palmira (Valle).

5.4 RELACIÓN ENTRE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO.

Según Pinzón (2003) La densidad aparente junto con la estructura y la porosidad afecta el desarrollo radical, esto nos puede explicar la relación entre la absorción de nutrientes, la residualidad del elemento en el suelo y el grado de compactación del suelo, como en el caso de Palmira en el Tratamiento S+A en para la variable Fósforo, cuyas cantidades extracción fueron mayores como lo indica el análisis foliar y finalmente la residualidad en el suelo fue menor frente a los demás tratamientos; a esta relación se le incluye los mas altos valores de densidad aparente en las dos profundidades en el tratamiento Testigo; esta situación puede suponer que el tratamiento S+A facilitó la absorción o acumulación del P en los tejidos (Tabla 17),

Tabla 17. Relación entre el P residual del suelo, la densidad aparente y el contenido de Fósforo foliar, en la localidad de Palmira

Tratamiento	Contenido de fósforo residual en el suelo (ppm)	D. Ap. 0-10cm	D. Ap. 10-20cm	Contenido de P foliar (%)
Testigo	119.47	1.68	1.49	0.25
S+M	81.28	1.34	1.24	0.28
S	71.18	1.26	1.32	0.28
S+M+A	61.98	1.45	1.25	0.31
S+A	42.30	1.48	1.29	0.35

La figura 17 puede mostrarnos la relación del aumento considerable de fósforo total edáfico a medida que aumenta la densidad aparente, esto puede suceder gracias a la lenta difusión del elemento cuando hay compactación del suelo

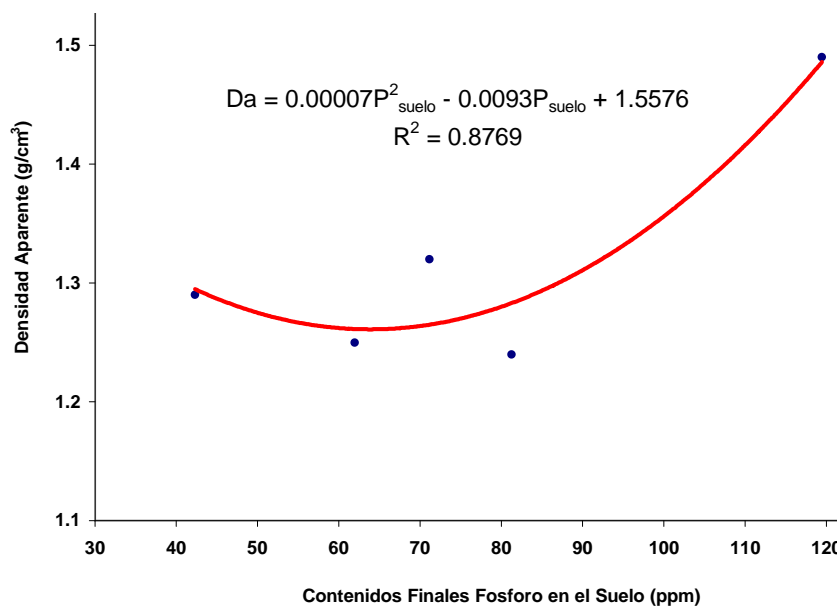


Figura 17. Relación entre el contenido final de fósforo del suelo y la densidad aparente a la profundidad 0 – 10 cm, en suelos de la finca el Limonar, Palmira (Valle).

5.5 EFECTO SOBRE EL CULTIVO DE MAÍZ.

5.5.1 Interpretación de los análisis químicos foliares del Maíz

De acuerdo con la guía de interpretación de análisis foliares (tabla 3), en la finca Limonar de Palmira presenta poca variabilidad en los tratamientos, para el caso del Calcio y Magnesio resultaron con concentraciones por debajo del nivel optimo (figura 17). Los demás elementos caen dentro de niveles considerados como apropiados para el cultivo.

Tabla 18. Análisis de tejido Foliar de macro elementos en maíz (híbrido 30k75) en la finca Limonar, Palmira (Valle)

Tratamiento	MACROELEMENTOS FOLIARES (%)						
	N	P	K	Ca	Mg	Na	S
S+M	2,99	0,28	2,82	0,38	0,22	0,025	0,11
S+A	3,02	0,35	3,05	0,35	0,22	0,03	0,19
S	3,15	0,28	2,87	0,33	0,23	0,03	0,16
S+A+M	3,02	0,31	2,40	0,34	0,225	0,025	0,17
testigo	3,16	0,25	2,92	0,35	0,25	0,025	0,74
Promedio	3,068	0,294	2,812	0,35	0,229	0,027	0,274

Tabla 19. Análisis de tejido Foliar de micro elementos en maíz (hibrido 30k75) en la finca Limonar, Palmira (Valle)

Tratamiento	MICRONUTRIENTES FOLIARES (ppm)				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
S+M	6,76	13,19	223,5	41,74	30,82
S+A	5,73	5,41	221,7	41,35	37,17
S	8,02	13,26	271,7	39,69	27,43
S+A+M	6,54	13,47	269,0	33,91	29,42
testigo	8,67	19,86	290,2	53,6	33,74
Promedio	7,144	13,04	255,2	42,06	31,72

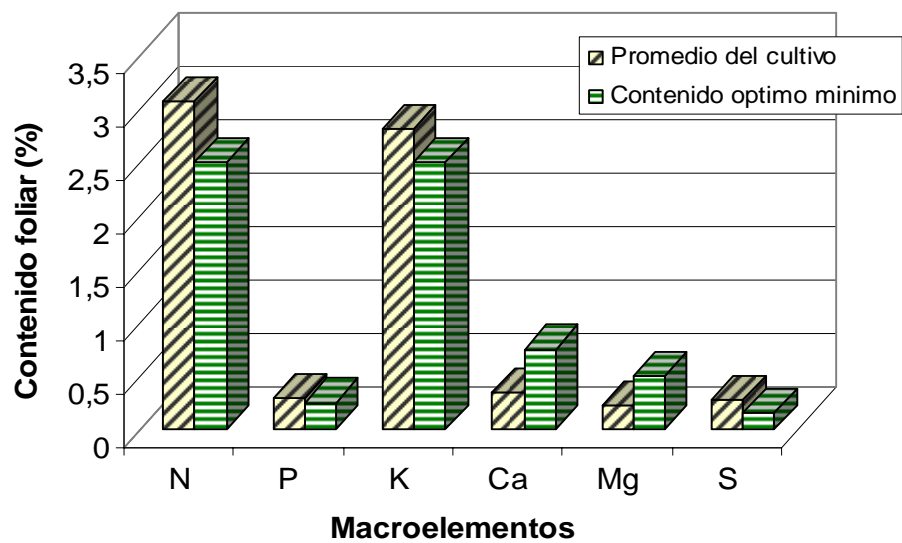


Figura 17. Contenido de Macro elementos foliares en maíz (Hibrido 30k75) en la finca Limonar, Palmira (Valle).

Para el caso de micro elementos (figura 18) se presentaron bajos niveles para el Boro y Manganeso.

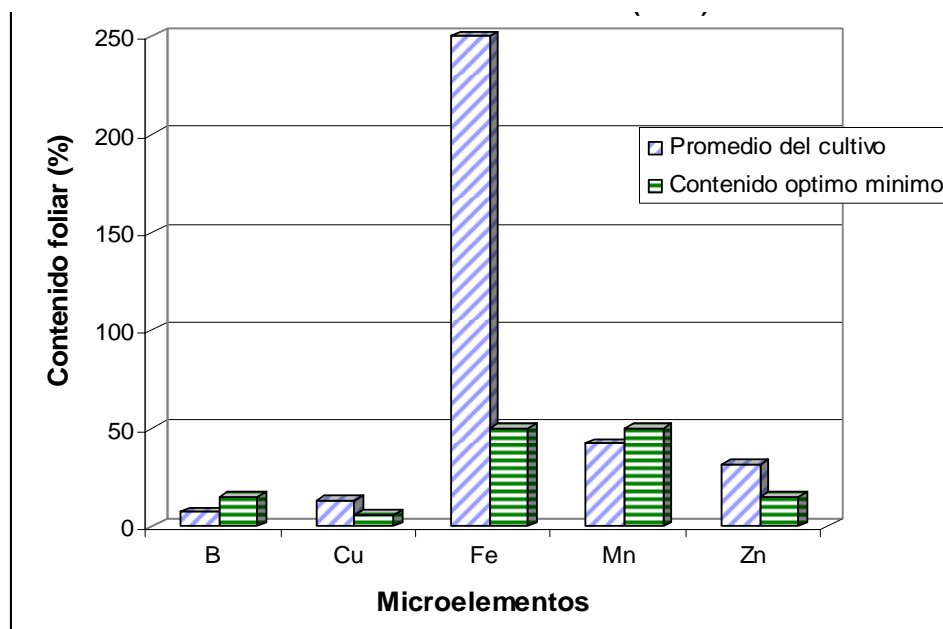


Figura 18. Contenido de micro elementos foliares en maíz (Hibrido 30k75) en la finca Limonar, Palmira (Valle).

En la relación de los macro y micro elementos foliares con las diferentes aplicaciones o tratamientos (figuras 19 y 20), el Fósforo fue el único elemento donde presentó mayores contenidos en los tratamientos con SUSPROT en comparación con el testigo.

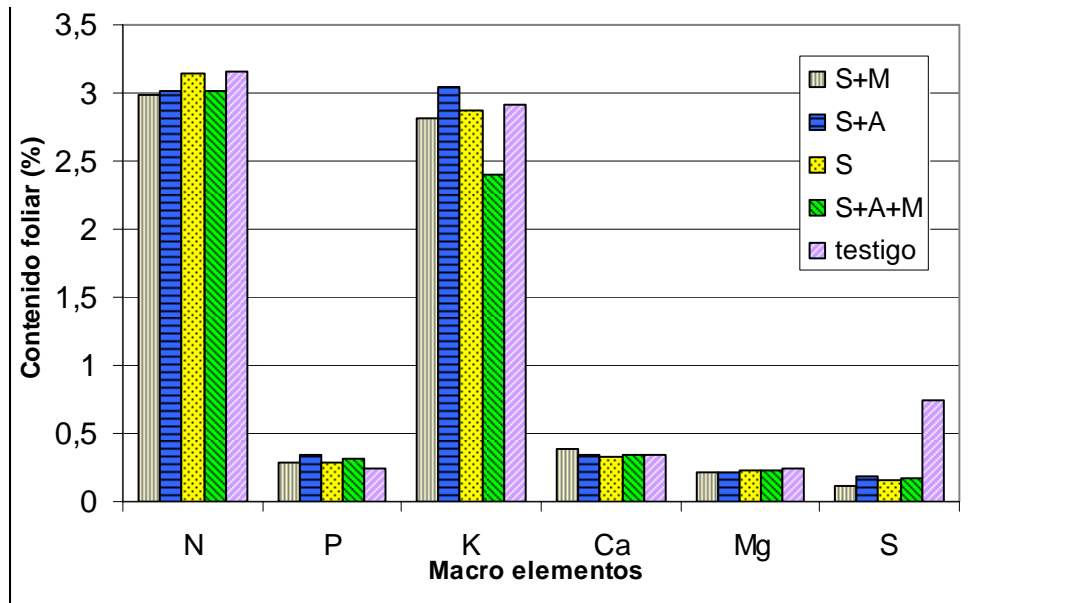


Figura 19. Relación de los macro-elementos foliares con las diferentes aplicaciones de SUSPROT, finca Limonar, Palmira (Valle).

Sin embargo los contenidos medios de Hierro en el suelo y considerando la poca movilidad de este elemento en la planta, se observa las altas concentraciones de este elemento en el tejido (figura 20); este resultado puede explicarse al verificar las cantidades de hierro presente en el SUSPROT (tabla 9).

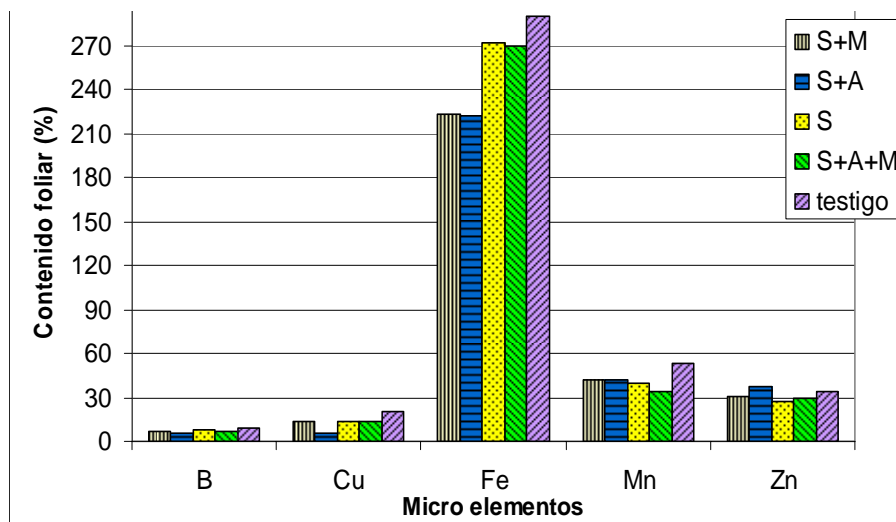


Figura 20. Relación de los micro-elementos foliares con las diferentes aplicaciones de SUSPROT, finca Limonar, Palmira (Valle).

Como se muestra en la figura 21 que nos representa un análisis de regresión entre las variables respuesta de los contenidos foliares en el cultivo de maíz, indica que el contenido de boro disminuye a medida que aumenta el de fósforo.

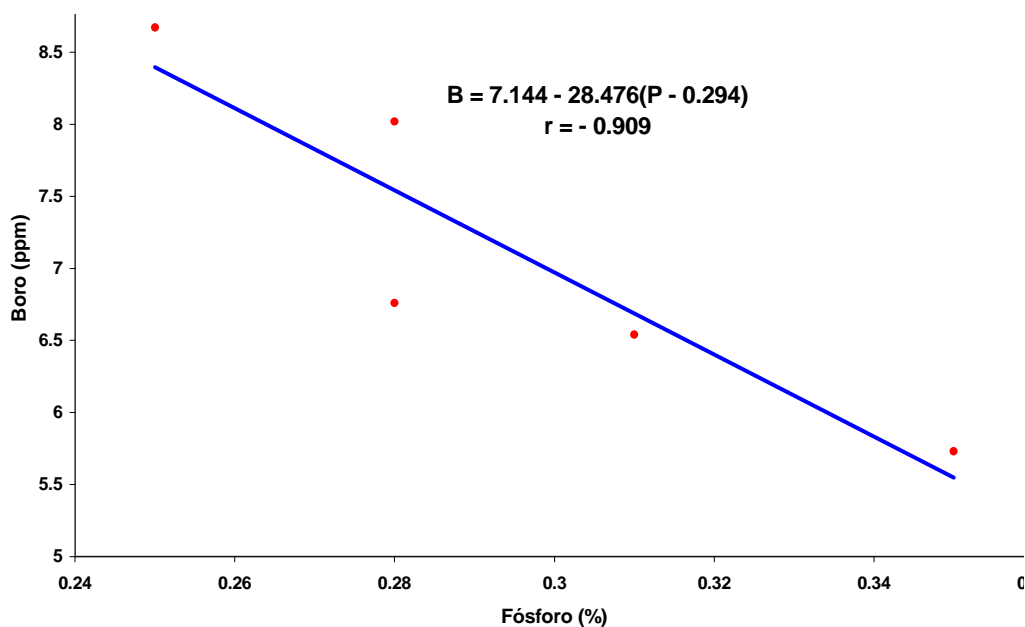


Figura 21. Análisis de regresión entre las variables de respuesta Contenidos foliares de Bósforo y Boro en un Híbrido de maíz (30k75) finca Limonar, Palmira

En general, los resultados señalan hacia el antagonismo de ambos elementos, sin embargo, las evaluaciones realizadas en esta experiencia no permiten inferir con mayor precisión acerca del predominio de uno u otro.

5.6 RELACIONES DE RENDIMIENTO

A pesar de que no existieron diferencias estadísticas en el Rendimiento del cultivo, biológicamente el tratamiento “S” tuvo mayor rendimiento en el cultivo de maíz en las dos fincas, 6.51 Ton/ha para Limonar (Palmira) y 5.65 Ton / ha para Novillera (Jamundi) (figura 22), sin embargo en Jamundi con menos promedios en rendimiento fue donde este tratamiento obtuvo el valor mayor mas alejado de los otros tratamientos (805 kg/ha con el segundo S+M y 956 kg/ha para el ultimo que fue el Testigo).

El efecto sobre el rendimiento en el tratamiento “S”, puede ser debido al aumento del contenido de elementos como P, B, Fe y la CIC, y su posible disponibilidad en la absorción del suelo, complementando con el mejoramiento de algunas propiedades físicas como la densidad aparente, conductividad hidráulica y el índice de estabilidad de agregados.

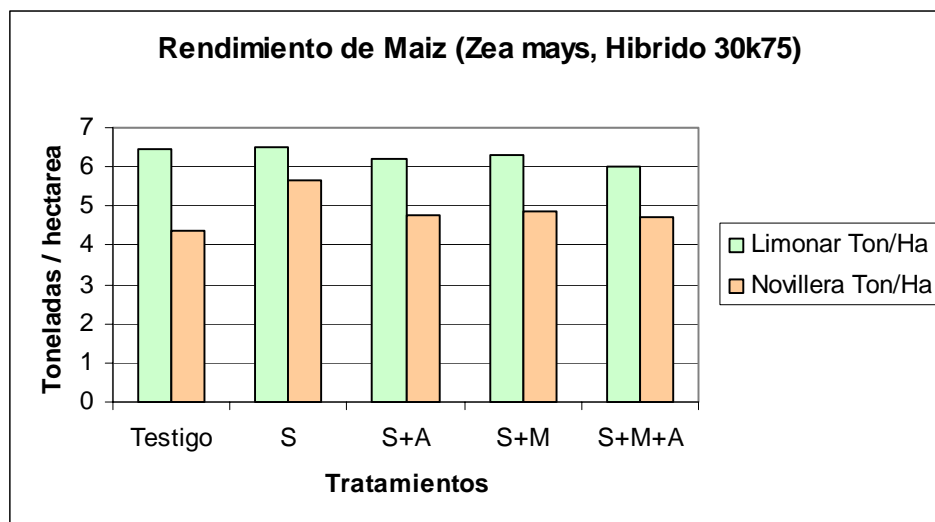


Figura 22. Rendimiento de Maiz (*Zea mays*) Híbrido 30k75 en las fincas Limonar (Palmira) y Novillera (Jamundi).

6. CONCLUSIONES

- Para la finca Novillera (Jamundi – Valle) se presentaron diferencias estadísticas en las variables Fósforo y Boro correspondientes a las propiedades químicas del suelo y en las variables Conductividad hidráulica y densidad aparente del suelo en las propiedades físicas.
- Existe una relación entre el contenido de Fósforo del suelo con el rendimiento del cultivo de los tratamientos, donde el mayor fue “S” con 5.65 ton/ha y el menor el Testigo con 4.36 ton/ha.
- En la variable Hierro, que a pesar de que el ANDEVA no reporta significancia, registra unos valores iniciales altos en el suelo, adicionalmente los altos contenidos de Hierro en el SUSPROT conllevaron a aumento en el suelo.
- En la variable Conductividad hidráulica el tratamiento S+M+A fue el que se destacó por tener altos valores 147.9 cm/h en los primeros 10 cm y el tratamiento S+M con 107.13 cm/h en la profundidad de 10 - 20 cm; cabe destacar que el tratamiento testigo fue el que presentó menor conductividad en las 2 profundidades.
- Para la finca Limonar (Palmira – Valle) solamente el Fósforo del suelo fue la única variable que presentó diferencias significativas frente a las otras.
- Hay una relación inversamente proporcional entre el contenido de Fósforo foliar y el del suelo, es decir un efecto del SUSPROT sobre la disponibilidad y absorción del Fósforo.

7. RECOMENDACIONES

- Es necesario adelantar otros Estudios que evalúen proporciones y/o mezclas del SUSTPROT con justificaciones agronómicas y relacionarlas específicamente para cada propiedad del suelo, consecuentemente para hallar eficiencias en aplicaciones y relacionarlas con etapas fonológicas en diversos cultivos.
- Evaluar aspectos ambientales como la forma residual de algunos elementos en el suelo como es el caso del hierro, ya que este producto lo contiene en altas concentraciones.
- Utilizar otras metodologías de estudio que permitan estimar relaciones entre propiedades físico-químicas del suelo y componentes de rendimiento, aplicando el concepto de variabilidad espacial.
- Estudiar el Efecto sobre la evolución de CO₂, Actividad microbiana y Transformación del producto.

8. RESUMEN

A pesar de la existencia de numerosos estudios en la fertilización del Maíz, *Zea mays* y de tecnologías para obtener altos rendimientos en el Valle del Cauca, se requieren otros estudios que permitan asociar la efectividad de abonos y enmiendas a las propiedades físicas y químicas del suelo, y obviamente a la rentabilidad.

Los subproductos Agroindustriales de este cereal pueden destinarse como un recurso para la fertilización. Se aplicaron diferentes tratamientos con el SUSTPROT (Sustancia Proteica) en Inceptisoles y Vertisoles de los municipios de Jamundi y Palmira, respectivamente.

Se evaluaron variables en las propiedades Físicas y Químicas del suelo, con los siguientes tratamientos:

S+M (susprot + micelio),
S+A (susprot + agroplus)
S (susprot)
S+M+A (susprot + micelio + agroplus)
T (Testigo -fertilización convencional)

Los resultados indicaron que en Jamundi se presentaron diferencias estadísticas en las variables Fósforo, Boro, Conductividad hidráulica y densidad aparente. Para Palmira solamente el Fósforo del suelo fue la única variable que presentó diferencias significativas frente a las otras.

Posiblemente existe una estrecha relación inversamente proporcional entre el contenido de Fósforo foliar y el del suelo, es decir un efecto del SUSTPROT sobre la disponibilidad y absorción de dicho nutriente.

En cuanto al rendimiento de Maíz, el tratamiento "S" tuvo mayor rendimiento en las dos localidades, 6.51 Ton/ha para Palmira y 5.65 Ton / ha para Jamundi.

9. SUMMARY

Although there are numerous studies concerning the fertilization of maize, *Zea mays*, as well as technologies to obtain high yields in the Colombian Cauca Valley, other studies are required to associate the fertilizer and manure effectiveness over the physical and chemical soil properties and obviously, to rentability.

The Agroindustrial by-products of this cereal can be used as a fertilization resource. Different treatments with SUSTPROT (Proteic Substance) were applied on Inceptisols and Vertisols in the Jamundí y Palmira localities, respectively.

The treatments to evaluate physical and chemical soil properties' variables were:

S+M (sustprot + micelium),

S+A (sustprot + agroplus)

S (sustprot)

S+M+A (sustprot + micelium + agroplus)

T (control - conventional fertilization)

The results indicated statistical differences on the phosphorous, boron, hydraulic conductivity and bulk density variables in Jamundí. In Palmira only phosphorous presented significant differences against the other variables.

Probably there exists a closed inverse proportional link between foliar and soil phosphorous, i.e. an especial effect of SUSTPROT on the phosphorous availability and uptake.

Concerning the obtained Maize yields, the "S" treatment scored 6.51 Ton/ha in Palmira y 5.65 Ton/ha in Jamundí.

10. BIBLIOGRAFIA

AMEZQUITA, EDGAR. 1994. Las propiedades Físicas y el manejo Productivo de los suelos. En. Sociedad Colombiana de la Ciencia Del Suelo. Fertilidad de Suelos Diagnostico y Control Nueva Edición. Santafe de Bogotá, D.C., Colombia: Ed. Silva M.,F. p. 137-154 ISBN: 958-95-299-1-7.

BAVER, D. L. et al. 1975. Física de Suelos, Unión Tipográfica. Edición Hispano América México. 529 p.

BUOL et al., 1986.Red soil in the Americas. Morphology, classification and management. In proceeding of the internacional.

BURBANO O., H. 1994. La Materia Orgánica del Suelo en el Contexto de una Agricultura Sostenible. En: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Nueva Edición. Fertilidad de Suelos Diagnostico y Control. Santafe de Bogotá, D.C., Colombia. Ed. Silva M., Francisco, p.187-217.
ISBN: 958-95-299-1-7

Caamaño, A. y R. Melgar, 1998. Fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre en maíz de alta productividad. Est. Exp. Ag. Pergaminito Rev. Tecnología Agropecuaria V II N° 5 PP 11-14.

CADAVID O., CARLOS E.; 2003, Estudio de la asociación estratégica industria – agricultor para el fomento del cultivo del Maíz amarillo tecnificado en el Valle del Cauca, tesis pre grado UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - Palmira

CASTAÑEDA REYES, Pedro. El maíz y su cultivo. AGT Editor S.A. Primera edición. México. 1990.

CASTRO FRANCO, Hugo E., Fundamentos para el conocimiento y manejo de Suelos Agrícolas. Manual Técnico. Instituto Universitario Juan de Castellanos, Tunja. 1998

CHRISTENSEN, B. 1986. Straw incorporation and soil organic matter in macro-agregates and particle size separates. J. Soil Sci 37:125-135.

CLEMENT, C. R. 1975. Low fertility experiments at Hurley soil physical conditions and crops productions M.A.F.F Technical Bulletin N 29. pp 388-405.

Echeverría, H. y F. García, 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. Boletín Técnico No. 149. EEA INTA Balcarce. Centro Regional Buenos Aires Sur. ISSN 0522-0548.

FASSBENDER, H. W. Química de Suelos con énfasis en Suelos de América Latina. Tercera reimpresión. San José de Costa Rica, Ed. IICA. 1982. p 398

FILHO, O. J. 1983. Aplicacao da Vinhaza a como fertilizante. Boletín tècnico PLANALSUCAR (Brasil) v. 5 No. 1, pàg 5-38.

García, F. 2002. Manejo de la fertilidad de suelos y fertilización para altos rendimientos en la región pampeana Argentina. 4º Conferencia Fertilizantes Cono Sur. British Sulphur. Porto Alegre Brasil 18-20 Noviembre.

González, Adel. 1985. suelos Agrícolas: notas de laboratorio. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

HOYOS, ANGELA M.; 2004. Caracterización de suelos hacienda Novillera, municipio de Jamundi, departamento del Valle del Cauca. Informe del departamento de Agronomía, INDUSTRIAS DEL MAIZ S.A. Santiago de Cali.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA 1992.). Fertilización en diversos cultivos, quinta aproximación, Manual de asistencia técnica # 25. Centro de investigación Tibaitatá.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA 1993.). Manual de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para Riego. Manual de Asistencia Técnica No. 47. Bogotá: Segunda Edición.

IGAC, Subdirección Agrológica. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Santa fe de Bogotá D.C. 813p.

IGAC, Subdirección Agrológica. 1995. Suelos de Colombia. Origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Santa fe de Bogotá D.C. 632p.

KIEHL, E. J. 1985. Fertilizantes Organicos. Editora Agronomica "Ceres". Ltda. Sao Paulo. Brasil. 192 p.

KOHNKE, H. 1968. Soil Physics. McGraw-Hill,Inc, TMH Edition. 224 p.-

LARSON, W. E. 1964. Soil parameters for evaluating tillage needs and operations. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28:118-122

LORA SILVA, RODRIGO; Análisis de suelos para Micro nutrientes. En: Fundamentos para la interpretacion de Analisis de suelos, plantas y aguas para riego. Bogota, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo 1991.

MADRIÑAN MOLINA, R. 1997. Manual de Prácticas de Laboratorio de Física de Suelos. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, 45p.

MALAGON, D.; PULIDO R., C.; LLINAS, R. D.; CHAMORRO B., C. Suelos de Colombia. Origen, Evolución, Clasificación, Distribución y Uso. Santa fe de

Bogotá D.C. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Ed. Canal Ramírez Ltda. 1995. p. 632 ISBN: 958-9067-00-X

MALAVOLTA, E. Diagnostico Foliar. En: Fertilidad de suelos Diagnostico y control. Sociedad Colombiana de la ciencia del Suelo 1994.

MONTAÑO, JOSE MANUAEL; 2000 Respuesta de tres abonos orgánicos en cultivos de rabano (*Raphanus sativus* L) y Lechuga (*Lactuca sativa* L.), Tesis de pregrado UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Palmira.

MONTENEGRO G., HUGO; 2003. Propiedades Físicas de los Suelos en relación con la Fertilidad. En: Manejo integral de la Fertilidad del Suelo, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá; Colombia

MONTENEGRO G., H.; MALAGON C., D. 1990. Propiedades Físicas de los Suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC. Bogotá Colombia: p 343

Meza, Carlos A.; Fernández, Shirley M; y Meléndez, Lenny M.; 2003 ROCA FOSFÓRICA DE RIECITO TRATADA CON VINAZA Y ALTAS TEMPERATURAS COMO FUENTE DE FÓSFORO PARA EL MAÍZ. Universidad Centro occidental Lisandro Alvarado (UCLA). En: Agronomía Tropical. v.53 n.3 Maracay

OADES, J. M. 1984. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implication for management. Plant and Soil 76:319-337.

OROZCO, FRANCISCO H., 1983. Uso de Porquinaza como Materia Orgánica para suelos: Bondades y Riesgos – UNAL sede Medellín. En: II curso Internacional de Porcicultura. Medellín – COLVEZA, 1983.

POLANIA FIERRO, Fabio. EN: Tecnología del Cultivo del Maíz. Fondo Nacional Cerealista (Convenio Fenalce – Sena – Sac), Produmedios, 1999.

QUINTERO Luis Eduardo, ACEVEDO Ximena, RODRÍGUEZ Ramiro, 2004; Costos De Producción De Maíz Amarillo Tecnificado en Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agro cadenas Colombia. <http://www.agrocadenas.gov.co> Bogotá, Colombia.

QUINTERO, R. 2003. Perspectivas acerca del uso y manejo de vinazas aplicadas al suelo. En: Memorias Vinazas, potasio y elementos menores, para una agricultura sostenible. Sucromiles, Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo, y Corpoica. Palmira.

SALAMANCA S., R. 1999. Suelos y Fertilizantes. Santafe de Bogotá, Ed. USTA. 345 p. il.

SALINAS, J. G.; GARCÍA, R.; 1985. Métodos Químicos para el análisis de suelos y plantas forrajeras. CIAT, Programa de Pastos Tropicales, Santiago de Cali.

STEVENSON, F. J. 1982. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions. John Wiley and Sons. New York. 443 p.

REYES, I. y J. GAMBOA. 1991. Efecto de la materia orgánica en la solubilización de la roca fosfórica. Rev. Fac. Agron. (Maracay). 17(1-4):381-395.

ROWELL, D.L. 1994. Soil science; methods and applications. 350 p. Longman, London, UK.

WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D.(1978): Predicting Rainfall Erosion Losses. A guide to conservation planning. USDA Agric. Handbook n 537, 58 p.

ZÉREGA LUIS, 1993. Manejo Y Uso Agronómico De La Cachaza En Suelos Cañameleros. *FONAIAP -Yaracuy. Km. 5 vía El Rodeo. Yaritagua Venezuela.

<http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/cana/cana1102/texto/manejo.htm>

*FONAIAP -Yaracuy. Km. 5 vía El Rodeo. Yaritagua 3202. Venezuela.

Referencias Internet:

www.diplomatie.gouv.fr/es/francia

www.fertilizar.org.ar (Manejo de la Fertilización en Maíz)

www.gatfertilizados.com

www.infoagro.com

www.ceniavp.gov.ve

www.drcalderonlabs.com/

www.e-campo.com (manejo de la fertilización de Maíz)

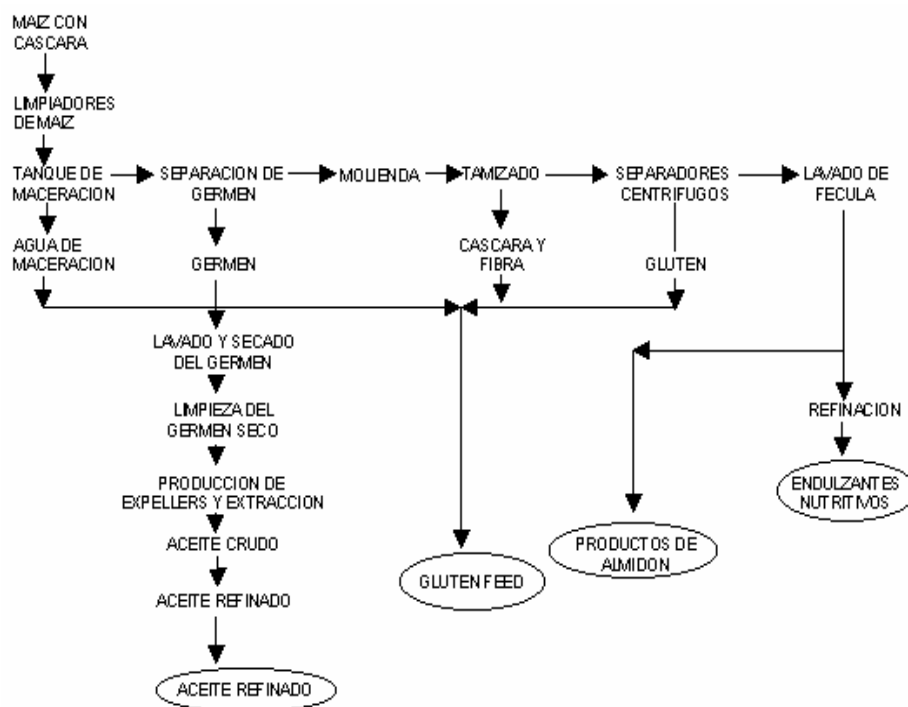
www.planthogar.net

www.elvalle.com.co

11. ANEXOS

Anexo 1: Proceso Industrial de Molienda Húmeda:

En el grano de maíz conviven hidratos de carbono, proteínas, grasas, fibra, agua, minerales, vitaminas y pigmentos. La separación de estas fracciones, a través del proceso de molienda húmeda, aumenta el valor nutritivo y económico de las mismas. El siguiente esquema, intenta resumir las principales etapas de este proceso productivo:



El maíz perfectamente limpio se introduce en tanques de maceración con agua a una temperatura de 49/54° durante 30 a 50 horas, con el agregado de alguna sustancia que facilite la separación de la fécula y la proteína insoluble. Después de la maceración, el grano de maíz hinchado, conteniendo cerca del 45% de agua, se muele grueso para permitir que a través de un proceso de flotación posterior, el germen se separe del resto. El mismo se seca, para ingresar luego en un proceso tradicional de extracción de aceite.

(<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/agricu/publicaciones/aceite/proindus.html>)

Anexo 2: Referencia del Micelio (Subproducto de SUCROMILES)

Este material es procedente de la producción comercial de ácido cítrico donde se realiza sobre todo por procesos de fermentación que utilizan dextrosa o melaza de caña de azúcar como materia prima y *Aspergillus niger* como organismo de fermentación. La fermentación puede llevarse a cabo en tanques profundos (fermentación sumergida, que es el método más común) o en tanques no profundos (fermentación de superficie). La fermentación produce ácido cítrico líquido que luego se purifica, concentra y cristaliza.

pH (1:2)	C.E. (ds/m)	Hdad (%)	ELEMENTOS (%)						
			Czas	M.O.	C.O.	N _T	P ₂ O ₅	K ₂ O	NH ₄
6,90		56,80	62,40	37,60	14,30	1,33	4,38	2,23	0,109

Tabla Análisis de caracterización del Micelio

Anexo 3: Composición del Agroplus

Es un cultivo líquido de microorganismos, compuesto de diversas especies de bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos, nativos de Colombia, producido mediante fermentación, con el fin de devolver el componente biótico a los suelos.

Las aplicaciones de AGROPLUS localizadas a la rizósfera, buscan aprovechar los exudados de las raíces promoviendo la actividad de la microflora, al establecer una relación simbiótica entre los microorganismos y el sistema radical, además de devolver la microflora al suelo.

El aislamiento de las cepas de microorganismos presentes en el AGROPLUS partió de un muestreo de suelos colombianos, seleccionándolos de bosques y producciones agrícolas sostenibles en los diferentes pisos térmicos del país.

De ahí se seleccionaron cepas para su posterior identificación y análisis de variables en laboratorio (medio de cultivo, temperatura y antagonismo, entre

otros), estandarizando la metodología de producción para generar una cepa madre de microorganismos benéficos como iniciadora de la producción in situ.

AGROPLUS es un cultivo líquido de microorganismos, compuesto de diversas especies de bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos, nativos de Colombia, producido mediante fermentación, con el fin de devolver el componente biótico a los suelos.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Color: Amarillento Olor: Fermentado Estado físico: Líquido

Caracterización química del AGROPLUS: pH: 3.5 – 4.5

Elemento	ppm
B	6.7
Ca	1801
Cu	0.50
Fe	21.27
K	6235
Mg	780
Mn	4.93
N	1156
Na	238.5
P	406
S	437
Zn	3.05
Grasa %	4.5

COMPOSICIÓN MICROBIOLÓGICA

Recuento total de microorganismos / ml: 82×10^6

Bacterias Nitro fijadoras / ml: 48×10^6

Lactobacilos / ml: 27×10^6

Hongos y Levaduras / ml: 17×10^6

AGROPLUS EN EL MANEJO DE DESECHOS ORGÁNICOS

Con la adición de AGROPLUS a los desechos orgánicos se busca reutilizarlos, mineralizando la materia orgánica y reciclando nutrientes, para mejorar la estructura y fertilidad del suelo.

De esta manera, la acción de los microorganismos de AGROPLUS en los desechos orgánicos logra: Reciclar nutrientes. Acelerar el proceso de transformación de la materia orgánica. Evitar el desarrollo de focos de contaminación ambiental, al manejar los desechos orgánicos convirtiéndolos en un insumo de alta calidad nutricional para los cultivos. En la lombricultura, predegradar los desechos orgánicos antes de administrarlos a las lombrices y directamente sobre los lechos.

Anexo 4.

Cuadro de la Norma Técnica Colombiana

PRODUCTOS PARA LA INDUSTRIA AGRÍCOLA. MATERIALES ORGANICOS
USADOS COMO FERTILIZANTES Y ACONDICIONADORES DEL SUELO

I.C.S: 65.080.00

CLASIFICACIÓN DEL PRODUCTO	INDICACIONES RELACIONADAS CON LA OBTENCION Y LOS COMPONENTES PRINCIPALES
1	2
Enmienda orgánica no húmica	Producto orgánico sólido obtenido a partir de la deshidratación y estabilización de los residuos provenientes de las plantas industriales y de tratamiento de aguas residuales: a) industriales b) urbanas c) residuos sólidos urbanos no separados en la fuente

PARÁMETROS A CARACTERIZAR (% EN PESO) Y OTROS REQUISITOS	PARAMETROS A GARANTIZAR												
3	4												
<ul style="list-style-type: none">• Contenido de Carbono orgánico. Mínimo 30 %• Capacidad Intercambio Catiónico. Mínimo 30 meq/100g• Conductividad Eléctrica (declararla)• Contenido de Sodio soluble (declararlo, restricciones de uso) <p>Límites máximos de metales pesados (en base seca):</p> <table><tr><td>Arsénico (As)</td><td>15,0</td></tr><tr><td>Cadmio (Cd)</td><td>0,7</td></tr><tr><td>Cromo (Cr)</td><td>70,0</td></tr><tr><td>Mercurio (Hg)</td><td>1,0</td></tr><tr><td>Níquel (Ni)</td><td>25,0</td></tr><tr><td>Plomo (Pb)</td><td>140</td></tr></table> <p>Se indicará la materia prima de que procede el producto</p>	Arsénico (As)	15,0	Cadmio (Cd)	0,7	Cromo (Cr)	70,0	Mercurio (Hg)	1,0	Níquel (Ni)	25,0	Plomo (Pb)	140	Contenido de carbono % C CIC meq/100g Metales pesados mg/kg (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb)
Arsénico (As)	15,0												
Cadmio (Cd)	0,7												
Cromo (Cr)	70,0												
Mercurio (Hg)	1,0												
Níquel (Ni)	25,0												
Plomo (Pb)	140												